RÉSIDUS D'INSECTICIDES DANS L'AIR DE CERTAINES MUNICIPALITÉS SUITE AUX PULVÉRISATIONS AÉRIENNES CONTRE LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'ÉPINETTE, EN 1986.

Québec

[illegible]-00673

Résidus d'insecticides dans l'air de certaines municipalités suite aux pulvérisations aériennes contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, en 1986

Par: Jacques Dugal, biologiste-aménagiste
Luc Major, biologiste

Service des études environnementales

GOUVERNEMENT DU QUEBEC
MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES RESSOURCES
DIRECTION DE LA CONSERVATION

Québec, Janvier 1987

Dépôt légal - 1er trimestre 1987
Bibliothèque nationale
ISBN 2-550-1765-2
No: 3323

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient chaleureusement Madame Ann Carey de l'Air Monitoring Branch (EPA) et Monsieur Ernest Richardson du Maine Department of Human Service pour nous avoir prêté les appareils d'échantillonnage nécessaires à la réalisation de cette étude. Nos remerciements s'adressent également aux personnes sous contrat qui ont effectué l'échantillonnage. Ce sont Mesdames Irène Hervieux et Rosange Tremblay de même que Messieurs René Bonduel et Léonard Coulombe. Enfin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance au personnel du Service des études environnementales ayant contribué à la réalisation de cette étude:

Pierrette Cardinal, microbiologiste

Michel Carmichael, tech. de laboratoire

Louis Chabot, tech. de laboratoire

Anne Laroche, secrétaire

Guy Mamarbachi, chimiste

Hélène Marquis, tech. eau et assain.

Nicole Nadeau, tech. de laboratoire

Guy Parent, tech. de la faune

Ghislain Rousseau, tech. eau et assain.

RESUME

Le ministère de l'Energie et des Ressources a réalisé en 1986 sa dix-septième opération de pulvérisations aériennes contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana Clem.). Dans le cadre du suivi environnemental relié à un tel programme, une étude visant à évaluer les concentrations d'insecticides chimique (fénitrothion) et biologique (Bacillus thuringiensis) dans l'air de municipalités localisées à proximité des secteurs traités, a été effectuée. Au total, 141 échantillons d'une durée de 24 heures ont été prélevés entre le 25 mai et le 8 juillet. L'analyse des échantillons a révélé des concentrations de fénitrothion variant de non-détectées à 0,044 $\mu g/m^3$ d'air dans les municipalités de Rivière-Bersimis et Colombier. En ce qui a trait à l'insecticide biologique B.t., des concentrations variant de non-détectées à 6,68 U.F.C.*/m^3 d'air ont été mesurées dans les municipalités de Lac-à-Beauce, Rivière-Bersimis et Baie-Comeau. Comparativement aux résultats obtenus lors des années précédentes, l'utilisation exclusive de monomoteurs en 1986 semble contribuer à une diminution des concentrations d'insecticides dans l'air au voisinage des parcelles d'arrosage. De plus, les concentrations détectées au cours de cette étude seraient peu susceptibles de représenter un risque pour la santé des citoyens des municipalités concernées.

---

*U.F.C.: Unité formant des colonies.

ABSTRACT

In 1986, the ministère de l'Énergie et des Ressources carried out its 17th spruce budworm (Choristoneura fumiferana Clem.) aerial spray program. Environmental monitoring related to this program involved a study aimed at determining the levels of chemical (fenitrothion) and biological (Bacillus thuringiensis) insecticides in municipalities located near the treated areas. In all, 141 24-hour samples were collected between May 25 and July 8. Analysis of these samples showed fenitrothion concentrations varying from undetected to 0,044 $\mu g/m^3$ in the air of the municipalities of Rivière-Bersimis and Colombier. Concentrations of the biological insecticide B.t. varied from undetected to 6,68 C.F.U.*/m^3 in the air of the municipalities of Lac-à-Beauce, Rivière-Bersimis and Baie-Comeau. When compared to those obtained in previous years, these results indicate that exclusive use of single-engine aircraft, as in 1986, seems to reduce insecticide concentrations in the air surrounding the treated areas. Besides, the concentrations detected when this study was carried out are not likely to present a health hazard for the populations of these municipalities.

---

* C.F.U.: Colony-forming units.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS iii

RÉSUMÉ v

ABSTRACT vii

LISTE DES TABLEAUX xi

LISTE DES FIGURES xi

INTRODUCTION 1

1. TERRITOIRE 3

2. MÉTHODOLOGIE 5

2.1 Insecticide chimique 5

2.1.1 Pulvérisation 5
2.1.2 Préparation d'insecticide 5
2.1.3 Localisation des stations d'échantillonnage 5
2.1.4 Echantillonnage de l'air 6
2.1.5 Méthode analytique 8

2.2 Insecticide biologique 9

2.2.1 Pulvérisation 9
2.2.2 Préparation d'insecticide 9
2.2.3 Localisation des stations d'échantillonnage 10
2.2.4 Echantillonnage de l'air 10
2.2.5 Méthode analytique 12

3. RÉSULTATS 15

3.1 Insecticide chimique 15

3.1.1 Rivière-Bersimis 15
3.1.2 Colombier 15

3.2 Insecticide biologique 15

3.2.1 Lac-à-Beauce 15
3.2.2 Rivière-Bersimis 15
3.2.3 Baie-Comeau 18

4. DISCUSSION 19

4.1 Insecticide chimique 19
4.2 Insecticide biologique 25

BIBLIOGRAPHIE 27

ANNEXE 1: Composition de la gélose nutritive et du tween 80 29

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: Concentrations d'insecticide chimique (fénitrothion) détectées dans les échantillons d'air prélevés à Rivière-Bersimis et Colombier, en 1986 16

TABLEAU 2: Concentrations d'insecticide biologique (B.t.) détectées dans les échantillons d'air prélevés à Lac-à-Beauce, Rivière-Bersimis et Baie-Comeau, en 1986 17

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: Tordeuse des bourgeons de l'épinette: Programme 1986 4

FIGURE 2: Schéma du dispositif utilisé pour l'échantillonnage d'insecticide chimique dans l'air en 1986 7

FIGURE 3: Schéma du dispositif utilisé pour l'échantillonnage d'insecticide biologique dans l'air en 1986 11

FIGURE 4: Histogramme des concentrations de fénitrothion détectées dans l'air à Rivière-Bersimis lors des pulvérisations contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, en 1986 20

FIGURE 5: Histogramme des concentrations de fénitrothion détectées dans l'air à Colombier lors des pulvérisations contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, en 1986 21

FIGURE 6: Histogramme des concentrations d'insecticide biologique (B.t.) détectées dans l'air à Lac-à-Beauce lors des pulvérisations contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, en 1986 22

FIGURE 7: Histogramme des concentrations d'insecticide biologique (B.t.) détectées dans l'air à Rivière-Bersimis lors des pulvérisations contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, en 1986 23

FIGURE 8: Histogramme des concentrations d'insecticide biologique (B.t.) détectées dans l'air à Baie-Comeau lors des pulvérisations contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, en 1986 24

INTRODUCTION

Le ministère de l'Energie et des Ressources a entrepris en 1986, pour une dix-septième année consécutive, un programme de lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana Clem.). L'opération, qui consiste en des pulvérisations aériennes d'insecticides chimiques et biologiques, a pour effet de réduire les dommages causés par cet insecte en abaissant les populations larvaires en deça du seuil économiquement nuisible.

Dans le cadre du suivi environnemental relié à ce programme, une étude a été effectuée par le Ministère afin d'évaluer la dérive d'insecticides dans certaines municipalités localisées à proximité des secteurs traités. Cette évaluation permet de mesurer les concentrations auxquelles les citoyens peuvent être exposés.

Des études similaires ont été réalisées lors des années passées, notamment en ce qui concerne les insecticides chimiques (Major et al., 1984a, 1984b; 1986a) et les insecticides biologiques (Major et al. 1985; 1986b). Le présent document discute des résultats obtenus conséquemment au programme de 1986, intégrant à la fois les volets chimique et biologique de ce dernier.

1. TERRITOIRE

Une superficie de 51 198 hectares répartis dans les régions de la Côte-Nord, de la Mauricie et du Saguenay - Lac-St-Jean, a fait l'objet du programme de pulvérisations de 1986 (figure 1). De cette superficie, 33 038 ha (65%) ont été traités à l'insecticide chimique alors que l'insecticide biologique a été utilisé sur 18 160 ha (35%).

Des pulvérisations ont également été effectuées en forêts privées par d'autres organismes que le MER. Ces traitements, réalisés à l'aide de l'insecticide biologique, ont couvert une superficie totale de 18 004 ha. Les superficies traitées par ces organismes n'apparaissent pas sur la figure 1 en raison de la faible taille des parcelles. Toutefois, elles ont été prises en considération dans l'interprétation des résultats.

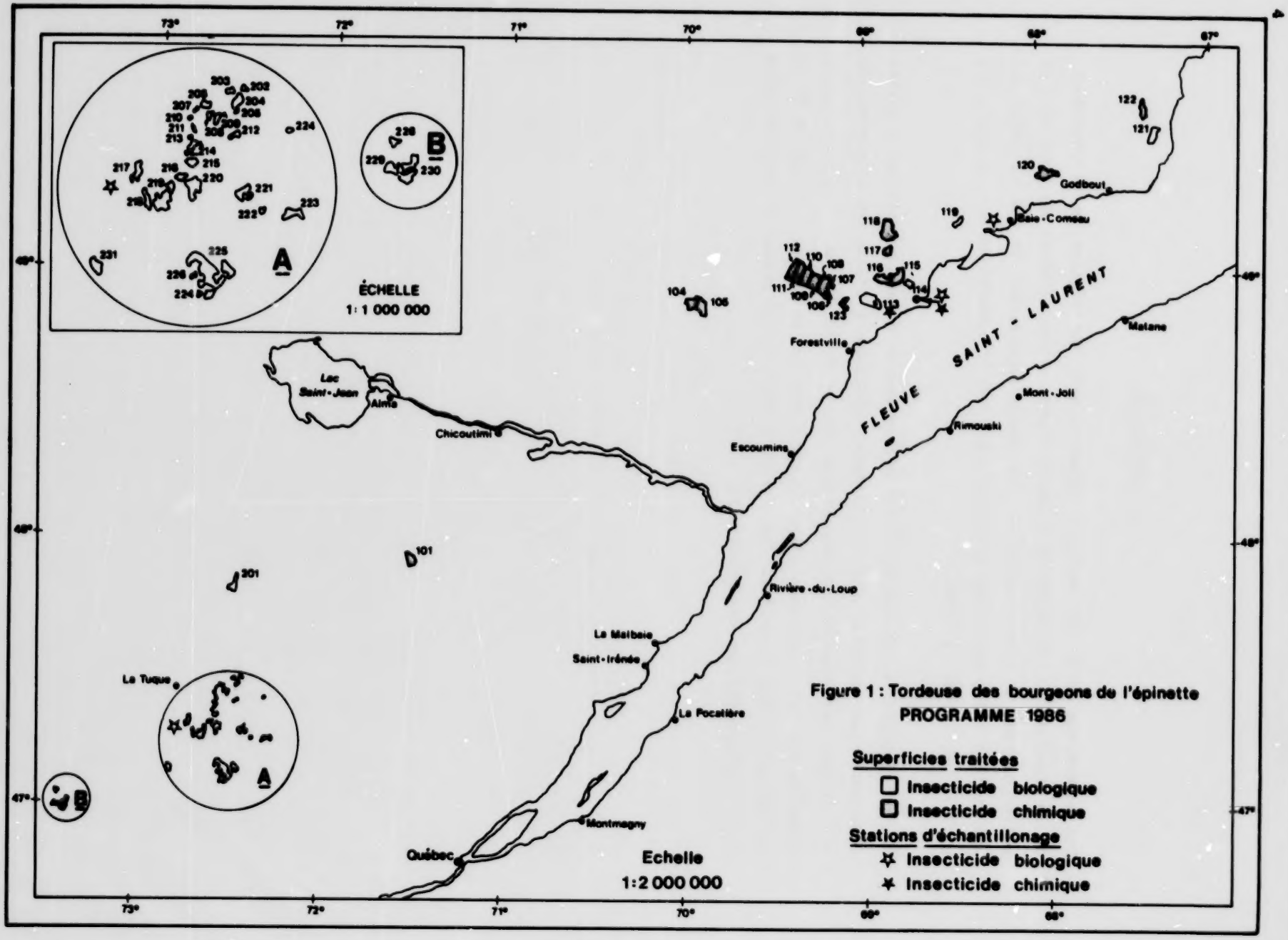

Figure 1 : Tordeuse des bourgeons de l'épinette
PROGRAMME 1986

Superficies traitées

- Insecticide biologique
- Insecticide chimique

Stations d'échantillonage

- Insecticide biologique
- Insecticide chimique

2. METHODOLOGIE

2.1 Insecticide chimique

2.1.1 Pulvérisation

Le programme de pulvérisations aériennes d'insecticide chimique s'est déroulé du 7 juin au 3 juillet 1986. Les appareils utilisés lors de ce programme sont exclusivement des monomoteurs. Le système de pulvérisation des avions de type Grumman, AgCat et Bull Thrush est constitué de longerons munis de six atomiseurs Mini Micronair^{MD} Au-5000. La navigation des appareils est assurée par un avion pointeur.

Une double application d'insecticide était prévue à intervalle d'environ cinq jours. Cependant, en raison d'une forte baisse des populations larvaires suite au premier traitement, certaines parcelles n'ont reçu qu'une seule application.

2.1.2 Préparation d'insecticide

L'insecticide chimique utilisé est le fénitrothion (Sumithion^{MD}). La pulvérisation est effectuée à un taux de 210g d'ingrédient actif par hectare dans un volume final de 1,4 l/ha. La proportion de chacun des constituants dans la préparation finale est indiquée ci-dessous:

Produit commercial: 12%
Cyclosol 63: 40%
Diluant (huile 585): 47,5%
Colorant: 0,5%

2.1.3 Localisation des stations d'échantillonnage

Deux municipalités, localisées sur la côte Nord, ont fait l'objet du programme d'échantillonnage de l'air. Ces dernières ont été choisies en raison de leur proximité par rapport aux parcelles traitées chimiquement (figure 1).

La station de Rivière Bersimis (48°56'N, 68°43'W) est située à 5 km à l'ouest de Betsiamites (Bersimis). La distance de la parcelle traitée la plus près est de 9 km. La station de Colombier (48°54'N, 68°52'W) est localisée à 3,6 km du village et à 8,3 km de la parcelle la plus rapprochée. Notons que 12 km séparent les deux stations de prélèvement.

Les stations d'échantillonnage sont établies dans la cour arrière de maisons privées, sur des terrains découverts au relief peu accidenté.

2.1.4 Echantillonnage de l'air

Le programme d'échantillonnage de l'air a débuté le 2 juin à Colombier et le 3 juin à Rivière Bersimis pour se terminer le 8 juillet 1986. Les prélèvements sont effectués à l'aide d'appareils d'échantillonnage Sierra-Misco^{MD} modèle 88 fonctionnant à un débit d'environ 30 l/mn. Le temps de prélèvement d'un échantillon d'air est approximativement de 24 heures, et débute au milieu de la journée.

Un barboteur contenant 100 ml d'éthylène glycol est raccordé à chacune des pompes et permet de retenir le fénitrothion. Un morceau de laine de verre est placé dans le tube reliant le barboteur à la pompe afin de retenir les vapeurs d'éthylène glycol et d'éviter ainsi toute perte éventuelle de l'insecticide (figure 2). Des tests effectués en 1984 sur ce système d'échantillonnage ont révélé une efficacité de rétention moyenne du fénitrothion de 95% (Major et al., 1984a).

Après chaque période d'échantillonnage de 24 heures, l'éthylène glycol de même que la laine de verre sont transférés dans une bouteille de verre et conservés au congélateur jusqu'au moment de l'analyse. Toute la verrerie en contact avec l'insecticide est rincée deux fois, successivement à l'eau et au chloroforme et ces liquides de rinçage font partie de l'échantillon. Avant la mise en place du barboteur pour la période de prélèvement subséquente, les pièces de verre sont de nouveau lavées deux fois à l'eau, à l'acétone et au chloroforme.

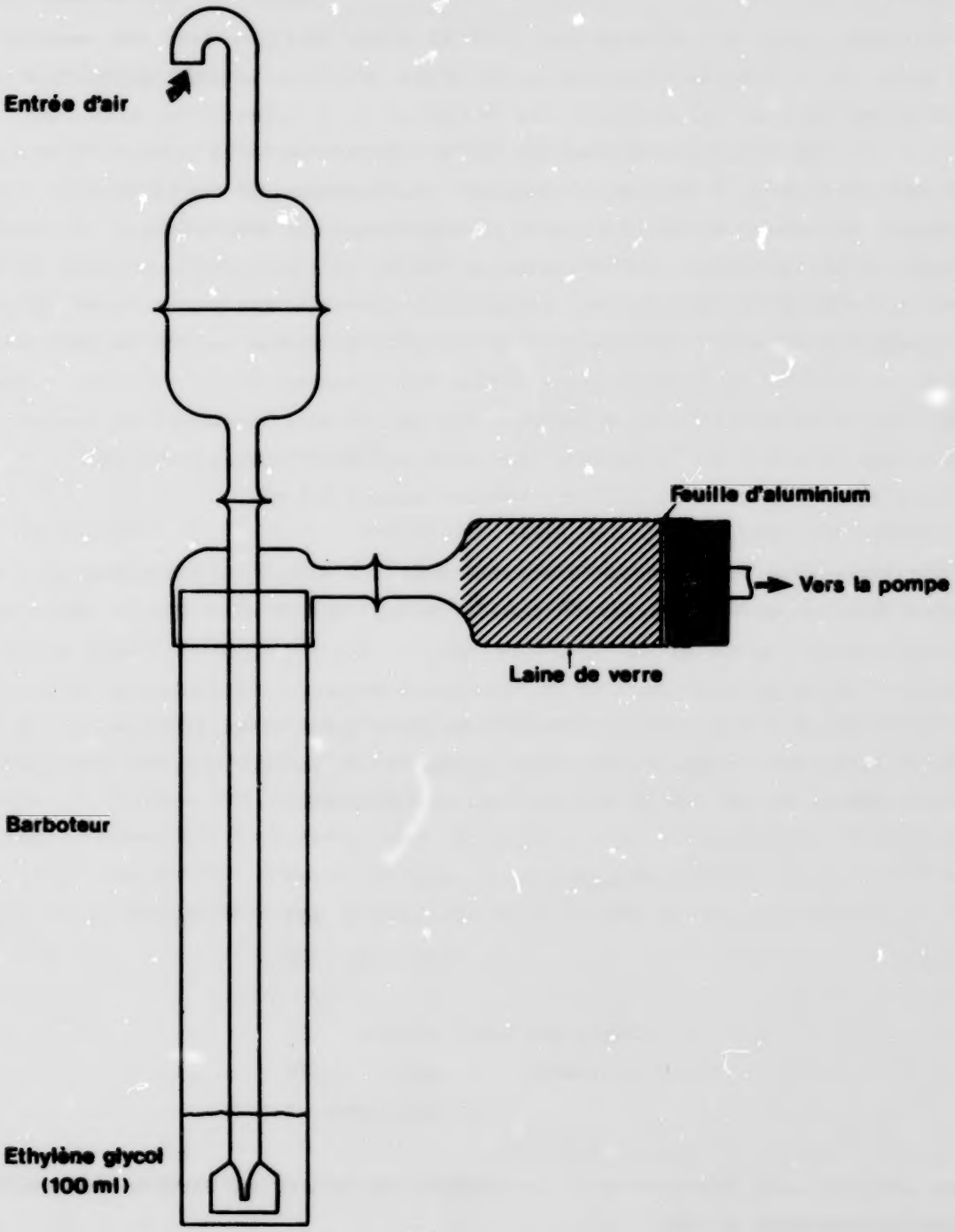

Figure 2: Schéma du dispositif utilisé pour l'échantillonnage d'insecticide chimique dans l'air en 1986

2.1.5 Méthode analytique

L'éthylène glycol est mélangé avec 1500 ml d'eau purifiée dans une ampoule à décanter de 2 litres. Environ 20 ml d'une solution saturée de sulfate de sodium est ajoutée au contenu. La bouteille de l'échantillon ainsi que la laine de verre sont rincées avec 150 ml de chloroforme et le produit de rinçage est versé dans l'ampoule à décanter. Le contenu est agité pendant deux minutes et laissé au repos jusqu'à la séparation des deux phases. La phase organique est décantée dans un ballon de 500 ml et l'extraction est répétée en employant 50 ml de chloroforme. L'extrait organique est ensuite asséché par filtration sous vide à travers 100 g de sulfate de sodium dans un buchner muni de verre fritté. Le produit d'extraction est concentré à environ 1 ml, auquel une dizaine de millilitres de benzène est ajouté puis concentré de nouveau à un volume de 2 à 3 ml. L'extrait concentré est ensuite transvidé dans un tube centrifuge de 15 ml et le volume final est ajusté à 5 ml.

L'identification et le dosage sont effectués à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse Hewlett Packard^{MD} modèle 5730A, équipé d'un double détecteur spécifique à l'azote et au phosphore (NPD). Les colonnes utilisées sont en pyrex de 60 cm de long par 2 mm de diamètre intérieur, imprégnées de 4% OV-101 + 6% OV-210 sur gaz Chrom Q (80-100 mailles) pour identification et de 3% OV-17 sur le même support pour confirmation. Les températures des différents compartiments et les débits des gaz sont les suivants:

Température:	four	160
(°C)	:	injecteur	200
	:	détecteur	300
Débit des gaz:	hélium	30
(l/min)	:	air	70
	:	hydrogène	3

Les analyses sont effectuées au laboratoire de chimie du Service des études environnementales du MER.

2.2 Insecticide biologique

2.2.1 Pulvérisation

Le programme de pulvérisations du produit biologique s'est déroulé du 29 mai au 3 juin 1986 dans la région de la Mauricie et du 7 au 21 juin 1986 dans la région de la Côte-Nord. Les traitements sont effectués à l'aide des monomoteurs Grumman, Ag Cat et Bull Trush. Les systèmes de pulvérisation et de navigation de ces appareils sont identiques à ceux décrits précédemment. Les parcelles traitées à l'insecticide biologique n'ont reçu qu'une seule application.

2.2.2 Préparation d'insecticide

Le Thuricide[MD] 48 LV dont l'ingrédient actif est le Bacillus thuringiensis var. kurstaki, a été utilisé de façon opérationnelle par le Ministère en 1986. L'insecticide biologique est appliqué à l'état pur à un taux de 30 MUI[1]/ha dans un volume de 2,37 l/ha.

En forêts privées, les programmes de pulvérisations ont été mis de l'avant par deux organismes distincts. D'une part, l'Office des producteurs de bois du Québec a réalisé des pulvérisations de Thuricide[MD] 48 LV sur 3 375 ha de forêts situées dans le secteur ouest de la province. D'autre part, le Service Canadien des Forêts (SCF) a utilisé, dans l'est du Québec, le Futura[MD] au taux de 20 MUI/ha dans un volume final de 2,5 l/ha et sur une superficie de 14 629 ha.

---

[1]MUI: Milliards d'Unités Internationales

2.2.3 Localisation des stations d'échantillonnage

Les municipalités de Lac-à-Beauce (Mauricie), Rivière-Bersimis et Baie-Comeau (Côte-Nord) ont été sélectionnées pour faire l'objet de cette étude. Les stations de prélèvement sont localisées respectivement à 2, 5,3 et 12,9 km des plus proches secteurs traités au produit biologique. Elles sont établies dans la cour arrière de maisons privées, sur des terrains découverts au relief peu accidenté.

La station d'échantillonnage de Lac-à-Beauce (47°20'N, 72°49'W) est située à 14,0 km au sud de La Tuque. La station de Rivière-Bersimis (48°56'N, 68°43'W) est localisée à 5 km à l'ouest de Betsiamites (Bersimis) alors que celle de Baie-Comeau (49°09'N, 68°19'W) est à 0,6 km au nord de l'église de Hauterive (Baie-Comeau).

2.2.4 Echantillonnage de l'air

A Lac-à-Beauce, le programme d'échantillonnage de l'air a débuté le 25 mai pour se terminer le 14 juin 1986. A Rivière-Bersimis et Baie-Comeau, l'échantillonnage a débuté le 3 juin et a pris fin le 28 juin 1986. Chaque prélèvement, d'une durée d'environ 24 heures, est effectué à l'aide des pompes d'échantillonnage Sierra-Misco^{MD} modèle 88 fonctionnant à un débit approximatif de 25 l/mn.

Le capteur est composé d'une membrane filtrante, d'un papier filtre et de deux plaquettes perforées. La rétention des spores de B.t. est assurée par une membrane filtrante Millipore^{MD} en ester de cellulose ayant une porosité de 0,45 µm et un diamètre de 4,7 cm. La membrane est déposée sur un papier filtre Whatman^{MD} et le tout est inséré entre deux plaquettes perforées en acier inoxydable (figure 3). Le capteur est stérilisé à l'oxyde d'éthylène en milieu hospitalier et demeure scellé jusqu'au moment de son utilisation.

Au moment de l'échantillonnage, le capteur est installé entre deux cloches de verres préalablement stérilisées. L'étanchéité du système est assurée par des

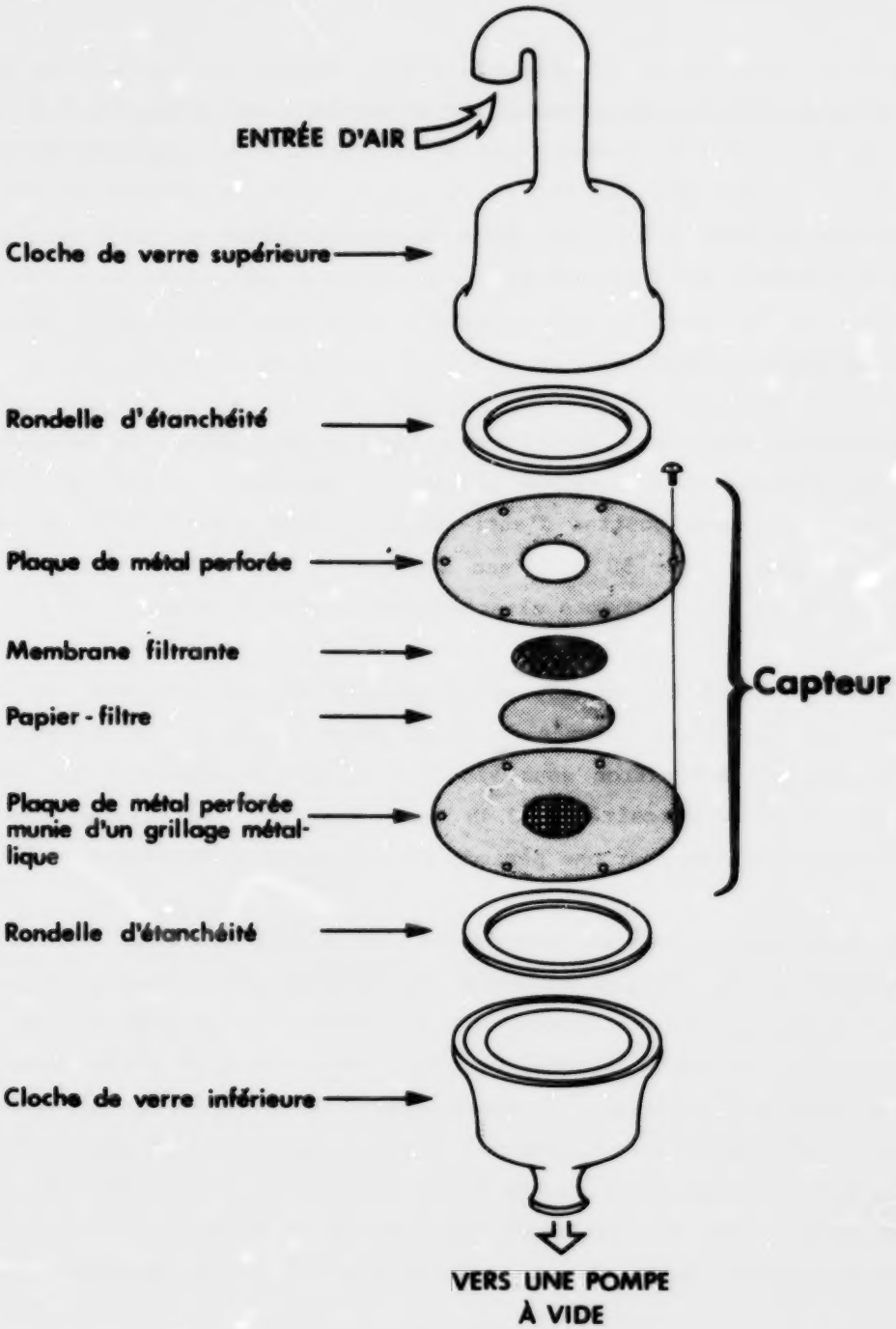

Figure 3: Schéma du dispositif utilisé pour l'échantillonnage d'insecticide biologique dans l'air en 1986

joints annulaires de caoutchouc. Ce dispositif est alors relié à la pompe. Major et al. (1985) mentionnent que ces dispositifs ont une très bonne efficacité de rétention pour les spores de B.t.. Après la période de prélèvement, le capteur est déposé dans une boîte de pétri stérile et gardé au congélateur jusqu'à l'analyse en laboratoire.

2.2.5 Méthode analytique

Le capteur est démonté et le filtre est déposé dans 200 ml de Tween 80[1] stérile. La préparation est agitée pendant 30 minutes à l'aide d'un agitateur mécanique. Quelques gouttes d'anti-moussant stérile sont alors ajoutées. Le filtre est rincé avec 50 ml d'eau stérile et déposé sur gélose nutritive[1] (Nutrient Agar) pour décompte ultérieur des spores y adhérant.

Le volume total de 250 ml est agité pendant 30 secondes pour une meilleure homogénéisation. Deux volumes de 50 ml et un volume de 100 ml sont prélevés et analysés par filtration sous vide à l'aide d'entonnoirs munis de filtres Millipore^{MD} d'une porosité de 0,45 µm. Ensuite, ces filtres sont déposés sur gélose nutritive pour une période d'incubation de 24 heures à 29°C.

Le décompte est réalisé en choisissant les pétris contenant entre 20 et 80 colonies et en considérant seulement les colonies semblables au B.t., soit de couleur beige, plates et d'apparence rugueuse. Le pourcentage de B.t. est déterminé sur un pétri réincubé pour une période totale de 50 heures. Cette période d'incubation permet le développement de la spore et la libération du cristal (corps protéique), caractéristique au B.t.. De ce pétri, des frottis sur lames sont préparés à partir de 20 colonies. Une coloration développée par Smirnoff (1962) est appliquée pour mettre en évidence le cristal de B.t.. Le volume restant de 50 ml est conservé à 4°C. Si le décompte sur membrane

---

[1] La composition du tween 80 et de la gélose nutritive est détaillée en annexe

est plus grand que 80, des volumes plus petits sont alors filtrés. Au nombre total d'U.F.C.[1] extrapolé pour 250 ml, est ajoutée la quantité retenue par le filtre d'échantillonnage.

Toutes les manipulations sont effectuées sous une hotte biologique à flux laminaire afin de diminuer les risques de contamination. Des témoins avant et après filtration sont analysés pour s'assurer de la stérilité du matériel utilisé. La méthodologie détaillée de l'analyse est décrite dans Cardinal (1986). Les analyses sont effectuées au laboratoire de microbiologie du Service des études environnementales du MER.

---

[1] U.F.C.: Unités formant des colonies, lesquelles peuvent provenir d'une ou de plusieurs spores (Collins et Lyne, 1984)

3. RÉSULTATS

Au total, 141 échantillons d'air ont été prélevés. Les résultats obtenus lors de ce programme de surveillance sont présentés aux tableaux 1 et 2. Les concentrations moyennes, observées sur une base journalière, sont exprimées en $\mu g/m^3$ pour le fénitrothion et en U.F.C./m^3 pour le B.t..

3.1 Insecticide chimique (tableau 1)

3.1.1 Rivière-Bersimis

Entre le 3 juin et le 8 juillet 1986, le fénitrothion n'a été détecté que dans 5 des 35 échantillons d'air prélevés à cet endroit. Les concentrations varient de 0,001 à 0,044 $\mu g/m^3$.

3.1.2 Colombier

Au cours des 36 journées de prélèvement à Colombier, seulement 3 concentrations de fénitrothion ont été détectées. Ces concentrations, très faibles, sont respectivement de 0,001, 0,002 et 0,006 $\mu g/m^3$.

3.2 Insecticide biologique (tableau 2)

3.2.1 Lac-à-Beauce

Le B.t. a été détecté dans 8 des 20 échantillons prélevés entre le 25 mai et le 14 juin 1986 dans le secteur de La Tuque. Les concentrations vont de 0,15 à 6,68 U.F.C./m^3.

3.2.2 Rivière-Bersimis

Vingt-cinq prélèvements d'air ont été effectués entre le 3 et le 28 juin 1986. L'analyse des échantillons révèle que les concentrations vont de non-détectées

TABLEAU 1: Concentrations d'insecticide chimique (fénitrothion) détectées dans les échantillons d'air prélevés à Rivière-Bersimis et Colombier, en 1986

Date[1]	Concentrations ($\mu g/m^3$)[2]	
	Rivière-Bersimis	Colombier
86-06-02	-	N.D.[3]
86-06-03	N.D.	N.D.
86-06-04	N.D.	N.D.
86-06-05	N.D.	N.D.
86-06-06	0,025	0,002
86-06-07	0,004	N.D.
86-06-08	N.D.	N.D.
86-06-09	N.D.	N.D.
86-06-10	N.D.	N.D.
86-06-11	N.D.	0,001
86-06-12	N.D.	N.D.
86-06-13	N.D.	N.D.
86-06-14	N.D.	N.D.
86-06-15	0,044	0,006
86-06-16	0,002	N.D.
86-06-17	N.D.	N.D.
86-06-18	N.D.	N.D.
86-06-19	N.D.	N.D.
86-06-20	0,001	N.D.
86-06-21	N.D.	N.D.
86-06-22	N.D.	N.D.
86-06-23	N.D.	N.D.
86-06-24	N.D.	N.D.
86-06-25	N.D.	N.D.
86-06-26	N.D.	N.D.
86-06-27	N.D.	N.D.
86-06-28	N.D.	N.D.
86-06-29	N.D.	N.D.
86-06-30	N.D.	N.D.
86-07-01	N.D.	N.D.
86-07-02	N.D.	N.D.
86-07-03	N.D.	N.D.
86-07-04	N.D.	N.D.
86-07-05	N.D.	N.D.
86-07-06	N.D.	N.D.
86-07-07	N.D.	N.D.

[1] Date du début de la période de prélèvement
[2] Concentrations moyennes durant 24 heures
[3] Non-détecté (< 0,001 $\mu g/m^3$)

TABLEAU 2: Concentrations d'insecticide biologique (B.t.) détectées dans les échantillons d'air prélevés à Lac-à-Beauce, Rivière-Bersimis et Baie-Comeau, en 1986

Date[1]	Concentrations (U.F.C./m^3)[2]		
	Lac-à-Beauce	Rivière-Bersimis	Baie-Comeau
86-05-25	N.D.[3]	-	-
86-05-26	0,15	-	-
86-05-27	N.D.	-	-
86-05-28	1,00	-	-
86-05-29	N.D.	-	-
86-05-30	N.D.	-	-
86-05-31	6,68	-	-
86-06-01	3,68	-	-
86-06-02	0,87	-	-
86-06-03	1,20	N.D.	0,15
86-06-04	N.D.	N.D.	0,10
86-06-05	N.D.	N.D.	N.D.
86-06-06	4,93	3,81	N.D.
86-06-07	N.D.	0,91	N.D.
86-06-08	N.D.	0,67	0,46
86-06-09	N.D.	0,18	*
86-06-10	N.D.	0,17	N.D.
86-06-11	N.D.	0,33	N.D.
86-06-12	0,28	N.D.	N.D.
86-06-13	N.D.	N.D.	N.D.
86-06-14	-	N.D.	N.D.
86-06-15	-	0,33	N.D.
86-06-16	-	0,32	N.D.
86-06-17	-	0,25	N.D.
86-06-18	-	0,16	N.D.
86-06-19	-	*	N.D.
86-06-20	-	0,30	N.D.
86-06-21	-	N.D.	N.D.
86-06-22	-	N.D.	N.D.
86-06-23	-	N.D.	N.D.
86-06-24	-	N.D.	*
86-06-25	-	N.D.	N.D.
86-06-26	-	N.D.	N.D.
86-06-27	-	N.D.	0,24

[1] Date du début de la période de prélèvement
[2] Concentrations moyennes durant 24 heures
[3] Non-détecté (< 3 U.F.C. dans l'échantillon)

* Echantillon annulé

(<3 U.F.C. dans l'échantillon) à 3,81 U.F.C./m^3. Mentionnons qu'un échantillon a été annulé en raison du bris du filtre.

3.2.3 Baie-Comeau

Le B.t. a été détecté dans seulement 4 des 23 échantillons analysés provenant de Baie-Comeau. Deux échantillons ont du être annulés à cause du bris des filtres. La concentration maximale observée à cette station est de 0,46 U.F.C./m^3.

4. DISCUSSION

Les figures 4 à 8 permettent de visualiser la distribution des concentrations détectées dans le temps de même que la relation possible entre celles-ci et l'occurence des pulvérisations d'insecticides dans le secteur environnant les municipalités à l'étude.

4.1 Insecticide chimique

En consultant les figures 4 et 5, on constate que les concentrations de fénitrothion détectées dans l'air des municipalités de Rivière-Bersimis et de Colombier sont observées de façon sporadique durant toute la durée du programme d'échantillonnage. Ces concentrations surviennent généralement lorsqu'il y a pulvérisation à proximité de la station durant la période de prélèvement. En effet, pour 7 des 8 échantillons de 24 heures contenant des concentrations supérieures à la limite de détection (< 0,001 $\mu g/m^3$), des pulvérisations se sont déroulées à moins de 20 km des municipalités. A Colombier, une concentration de 0,001 $\mu g/m^3$ a été décelée durant la période d'échantillonnage du 11 juin 1986 alors que 5 parcelles ont été traitées entre 20 et 50 km de la station.

La plus forte concentration de fénitrothion a été enregistrée à la période de prélèvement du 15 juin 1986 et ce, conséquemment à des pulvérisations effectuées à moins de 20 km de Rivière-Bersimis. Notons que la mesure de 0,002 $\mu g/m^3$ détectée lors de la période suivante constituerait une concentration résiduelle puisque aucune pulvérisation n'a été effectuée lors de cette journée.

Major et al. (1986a) signalent que des concentrations variant de 0,001 à 0,007 $\mu g/m^3$ ont été détectées à plus de 50 km et même à plus de 100 km des aires traitées en 1985. L'utilisation exclusive des monomoteurs en 1986 pourrait expliquer la raison pour laquelle aucune concentration n'a été détectée à plus

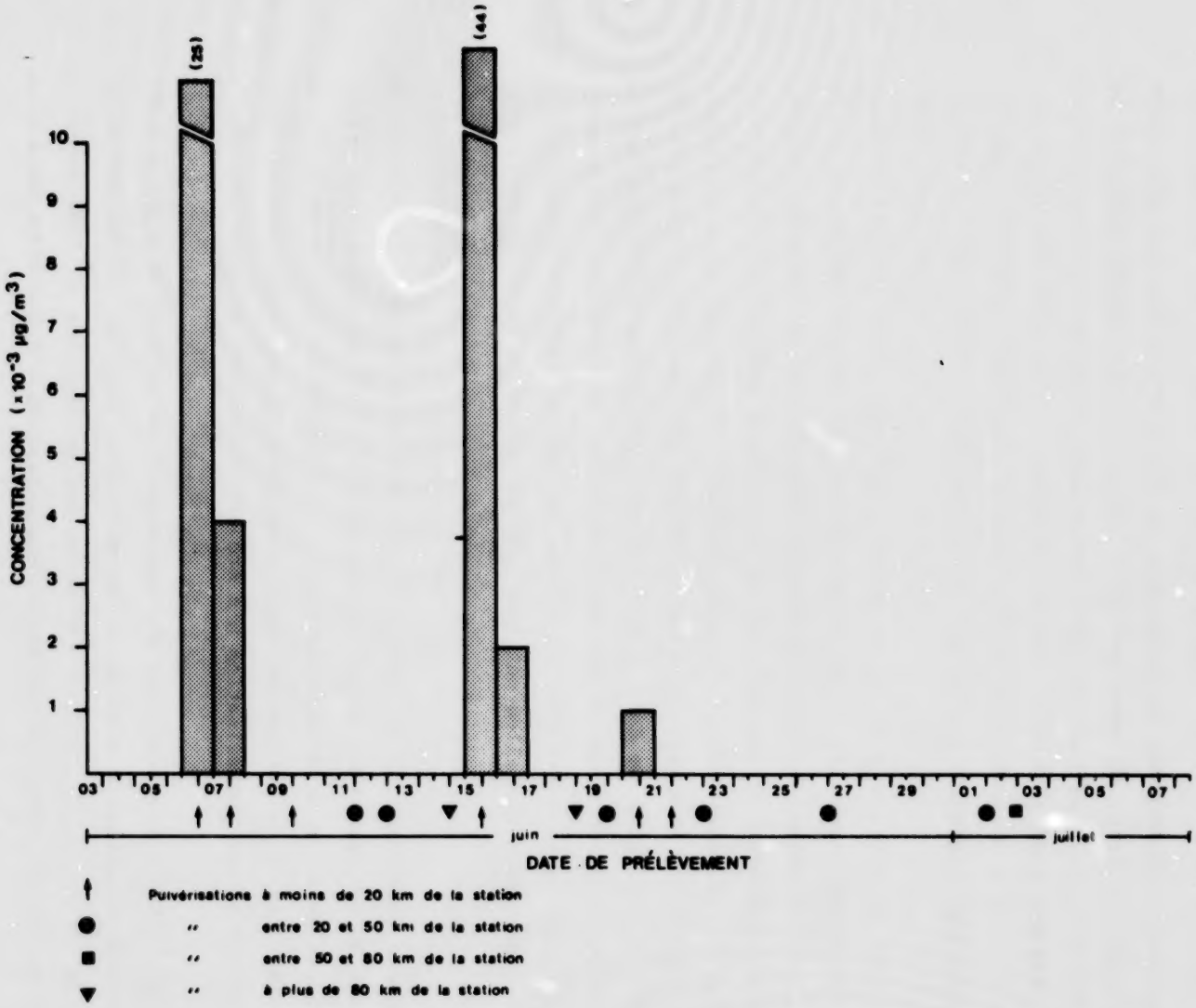

Figure 4: Histogramme des concentrations de fénitrothion détectées dans l'air à Rivière-Bersimis lors des pulvérisations contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, en 1986

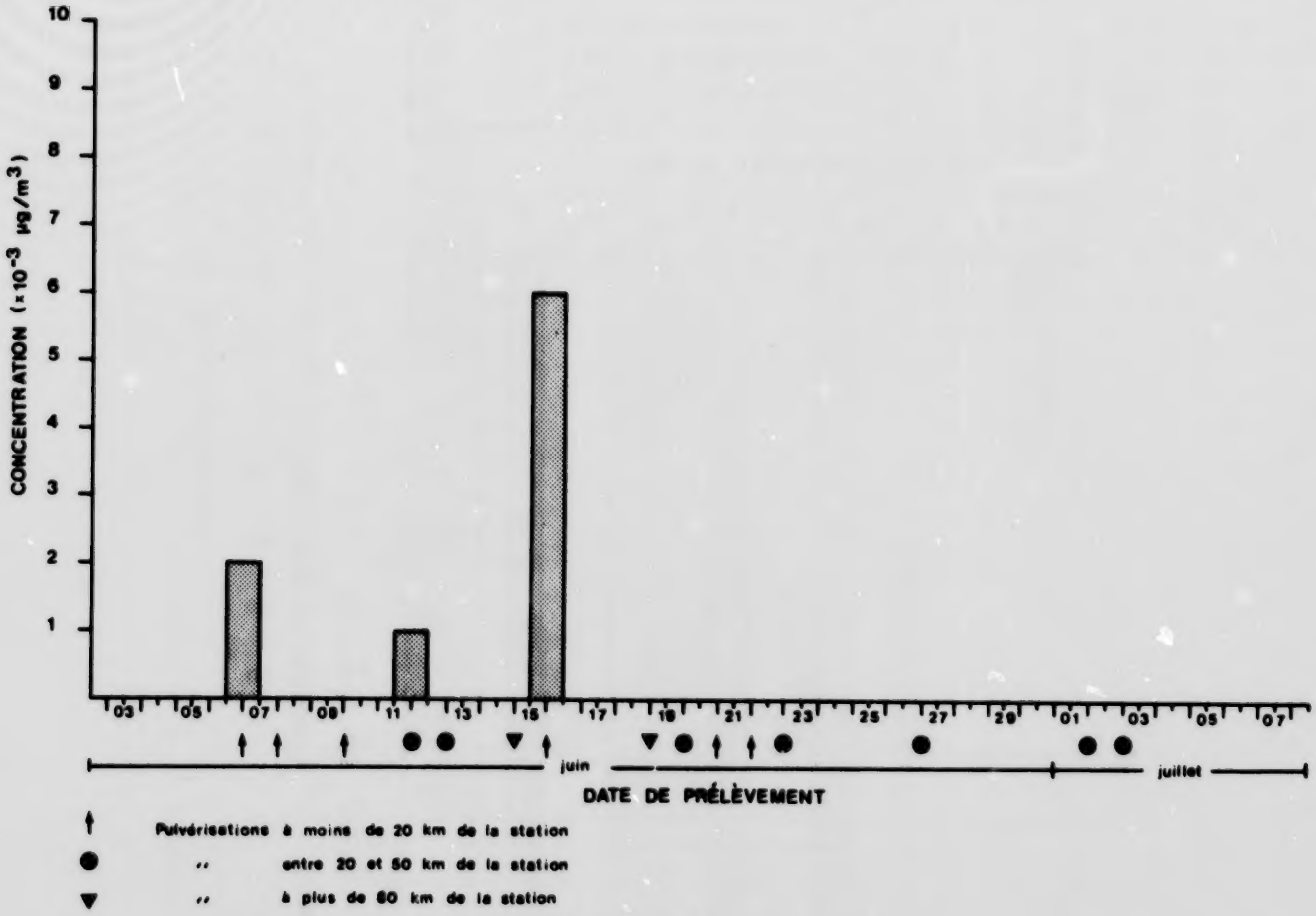

Figure 5: Histogramme des concentrations de fénitrothion détectées dans l'air à Colombier lors des pulvérisations contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, en 1986

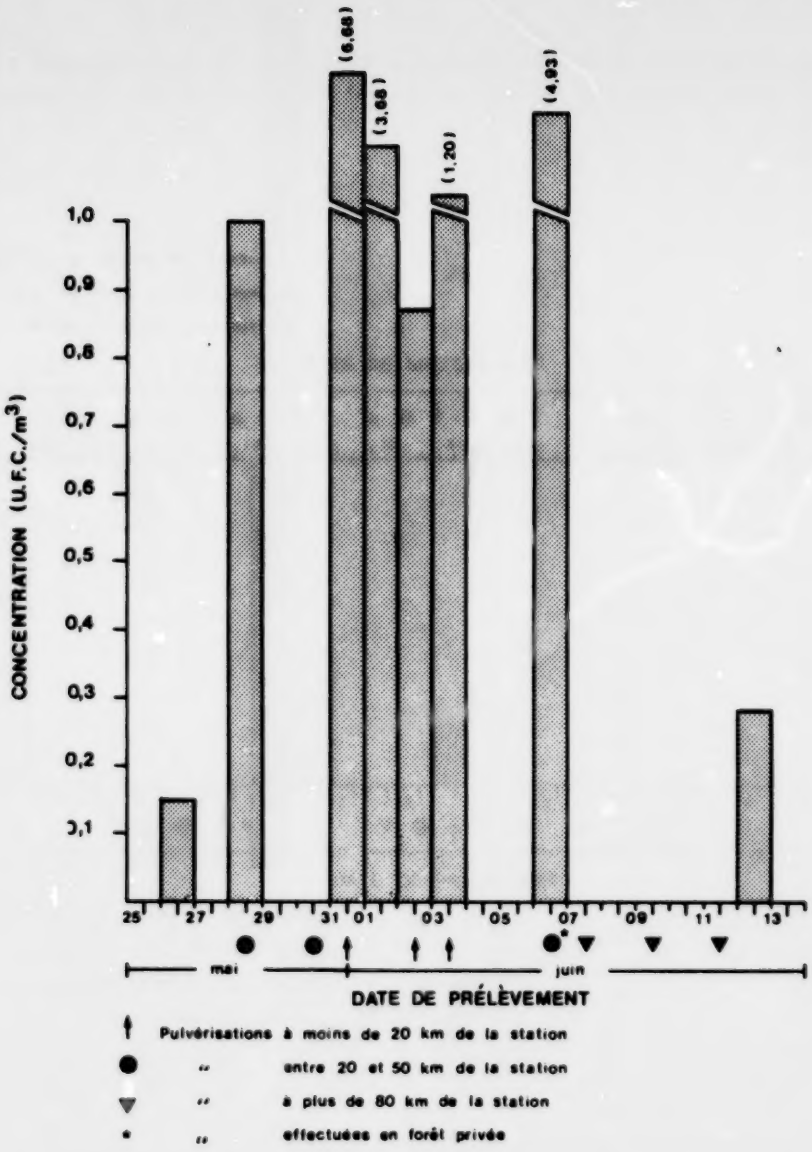

Figure 6: Histogramme des concentrations d'insecticide biologique (B.t.) détectées dans l'air à Lac-à-Beauce lors des pulvérisations contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, en 1986

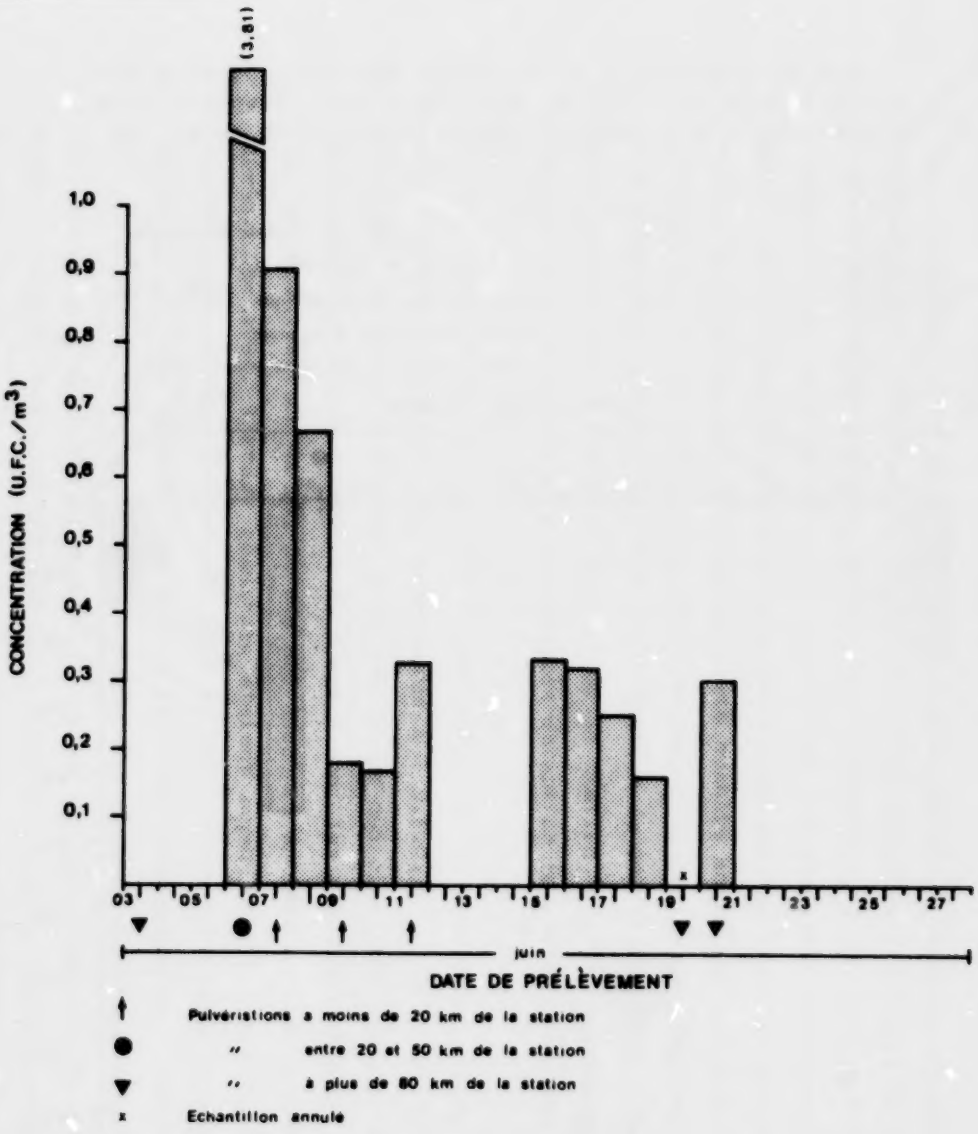

Figure 7: Histogramme des concentrations d'insecticide biologique (B.t.) détectées dans l'air à Rivière-Bersimis lors des pulvérisations contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, en 1986

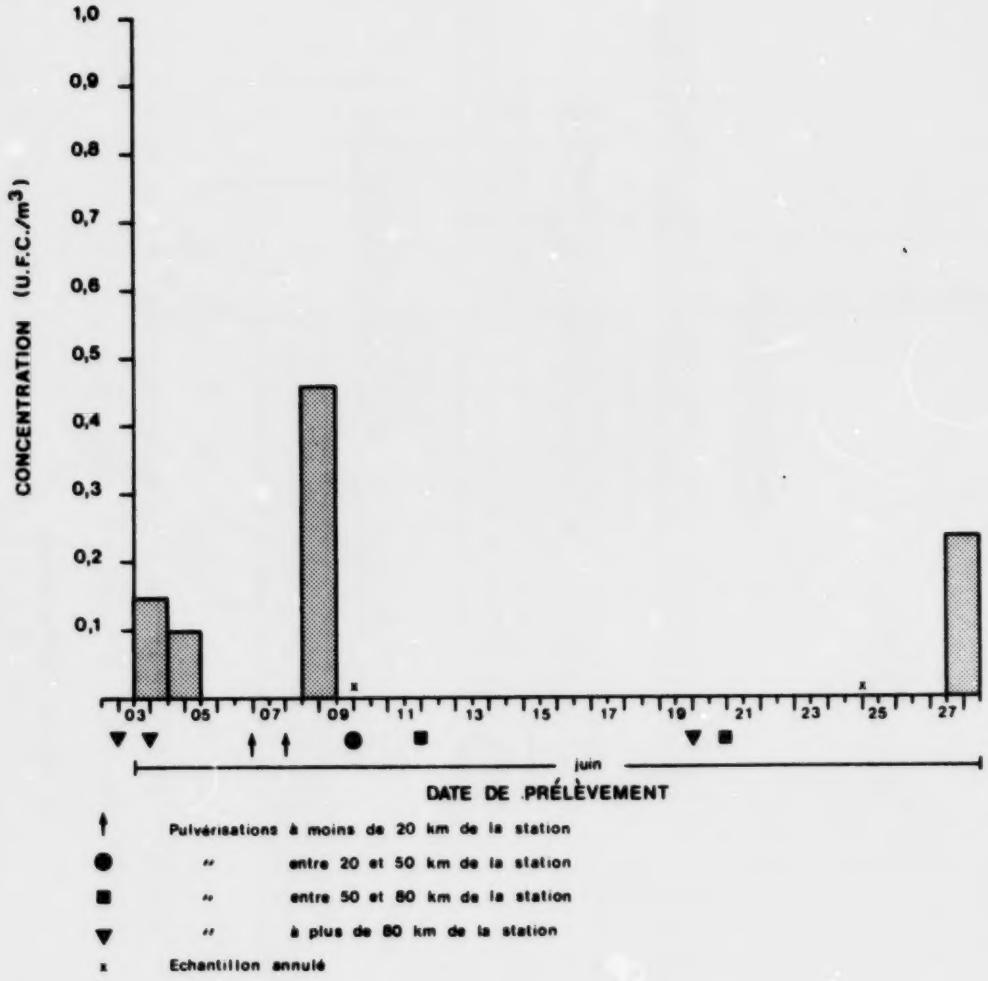

Figure 8: Histogramme des concentrations d'insecticide biologique (B.t.) détectées dans l'air à Baie-Comeau lors des pulvérisations contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, en 1986

de 50 km. Ce phénomène pourrait être dû au fait que les monomoteurs opèrent à une plus basse altitude que les quadrimoteurs, ce qui permettrait ainsi de limiter la dérive à une distance plus faible des zones traitées.

4.2 Insecticide biologique

Une concordance plus ou moins bonne existe entre la distance des aires traitées au B.t. et les concentrations détectées dans les municipalités de Lac-à-Beauce, Rivière-Bersimis et Baie-Comeau (figures 6, 7 et 8). Cependant, les concentrations supérieures à 1 U.F.C./m^3 ont été observées conséquemment à des pulvérisations effectuées à moins de 50 kilomètres des stations d'échantillonnage. Mentionnons qu'une relation a été établie entre une des concentrations mesurées et les pulvérisations réalisées par d'autres organismes que le M.E.R. Cette dernière correspond à une pulvérisation de 440 litres de B.t.réalisée la 6 juin 1986 à 27 kilomètres au nord de la station de Lac-à-Beauce.Une concentration de 4,93 U.F.C./m^3 a été mesurée durant cette période de prélèvement.

Il est intéressant de constater que moins de 9% des échantillons analysés révèlent des concentrations supérieures à 1 U.F.C./m^3. De plus, les concentrations maximales détectées dans les trois municipalités varient de 0,46 à 6,68 U.F.C./m^3 d'air. A titre de comparaison, les résultats obtenus dans certaines municipalités du Bas-St-Laurent-Gaspésie en 1984 et 1985 ont été considérés. En 1984, 37% des résultats étaient supérieurs à 1 U.F.C./m^3 et les maximums enregistrés étaient de 13,5 et 94,0 U.F.C./m^3 (Major et al., 1985). En 1985, 13% des échantillons contenaient des concentrations supérieures à 1 U.F.C./m^3 alors que les maximums mesurés aux diverses stations de prélèvement variaient de 7,67 à 938,24 U.F.C./m^3 (Major et al., 1986b). En 1984 et en 1985, les pulvérisations ont été effectuées à l'aide de quadrimoteurs. L'utilisation exclusive de monomoteurs en 1986 semble donc contribuer à une diminution des concentrations au voisinage des parcelles d'arrosage.

Le niveau de contamination de l'air dans les municipalités localisées à proximité des secteurs traités peut être qualifié de faible. De plus, les concentrations détectées au cours de cette étude ne représenteraient que très peu de risques pour les populations concernées (Major et al., 1984b; 1985).

BIBLIOGRAPHIE

CARDINAL, P., 1986. Cahier des méthodologies analytiques pour le Bacillus thuringiensis. Division de la microbiologie, Service des études environnementales, ministère de l'Energie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 29 pp.

COLLINS, C.H. et M.P. LYNE, 1984. Microbiological Methods. Fifth Edition, Butterworths. Chap. 9.

MAJOR, L., G. MAMARBACHI, G. ROUSSEAU, N. ST-LOUIS et T. ADLEY, 1984a. Surveillance des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, au Québec, en 1983: Echantillonnage de l'air. Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec et Eco-Recherches Inc. 30 pp.

MAJOR, L., G. ROUSSEAU et G. MAMARBACHI, 1984b. Surveillance des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, au Québec, en 1984: Résidus d'insecticides chimiques dans l'air de certaines agglomérations urbaines de la région 01. Ministère de l'Energie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 14 pp.

MAJOR, L., G. Rousseau et B. LAMONTAGNE, 1985. Surveillance des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, au Québec, en 1984: Concentrations d'insecticides biologiques dans l'air de deux agglomérations urbaines de la région 01. Ministère de l'Energie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 52 pp.

MAJOR, L., G. ROUSSEAU et G. MAMARBACHI, 1986a. Résidus de fénitrothion dans l'air de trois municipalités de la région Bas-St-Laurent-Gaspésie (en 1985). Service des études environnementales, ministère de l'Energie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 17 pp.

MAJOR, L., G. ROUSSEAU et P. CARDINAL, 1986b. Concentrations d'insecticides biologiques dans l'air de sept municipalités situées au voisinage des aires traitées (en 1985). Service des études environnementales, ministère de l'Energie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 32 pp.

SMIRNOFF, W.A., 1962. "A staining method for Differentiating Spores, Crystals and Cells of Bacillus thuringiensis (Berliner)". J. Ins. Path. 4: 384-386.

ANNEXE 1

Composition de gélose nutritive et du tween 80

Gélose nutritive (Nutrient Agar)

	Par litre d'eau distillée
- Extrait de boeuf	3,0g
- Peptone	5,0g
- Agar	15,0g

Tween 80

Polyoxyéthylène sorbitane monooléate 0,1% à pH 7.2.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des Ressources
Service des études environnementales

INSECTICIDE RESIDUES DETECTED IN THE AIR OF CERTAIN MUNICIPALITIES FOLLOWING AERIAL SPRAYING AGAINST THE SPRUCE BUDWORM IN 1986.

Québec

Insecticide Residues Detected in the Air of Certain Municipalities Following Aerial Spraying Against the Spruce Budworm in 1986

By: Jacques Dugal, Biologist Planner
Luc Major, Biologist

Service des études environnementales

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC
MINISTERE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES
DIRECTION DE LA CONSERVATION

Québec City, January 1987

73a

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to express their heartfelt appreciation to Ann Carey of the Air Monitoring Branch (EPA) and Ernest Richardson of the Maine Department of Human Services for having loaned us the samplers necessary for this study. We would also like to thank the contract employees--Irène Hervieux, Rosange Tremblay, René Bonduel and Léonard Coulonge--who carried out the sampling. Finally, we would like to extend our thanks to the staff of the Service des études environnementales who contributed to the realization of this study:

Pierrette Cardinal, Microbiologist

Michel Carmichael, Lab Technician

Louis Chabot, Lab Technician

Anne Laroche, Secretary

Guy Mamarbachi, Chemist

Hélène Marquis, Technician, Environment

Nicole Nadeau, Lab Technician

Guy Parent, Technician, Wildlife

Ghislain Rousseau, Technician, Environment

ABSTRACT

In 1986, the ministère de l'Énergie et des Ressources carried out its 17th program of aerial spraying against the spruce budworm (Choristoneura fumiferana Clem.). Environmental monitoring related to this program involved conducting a study aimed at determining the levels of chemical (fenitrothion) and biological (Bacillus thuringiensis) insecticides in municipalities located near the treated areas. A total of 141 24-hour air samples were taken between May 25 and July 8. Analysis of these samples showed fenitrothion concentrations varying from undetected to 0.044 $\mu g/m^3$ in the air of the municipalities of Rivière-Bersimis and Colombier. Concentrations of the biological insecticide B.t. varied from undetected to 6.68 C.F.U.*/m^3 in the air of the municipalities of Lac-à-Beauce, Rivière-Bersimis and Baie-Comeau. When compared to those obtained in previous years, these results indicate that the exclusive use of single-engine aircraft in 1986 seems to have helped reduce insecticide concentrations in the air surrounding the treated areas. Furthermore, the concentrations detected during this study are not likely to present a health hazard for the populations of these municipalities.

---

*C.F.U.: Colony-forming units.

RESUMÉ

Le ministère de l'Énergie et de Ressources a réalisé en 1986 sa dix-septième opération de pulvérisations aériennes contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana Clem.). Dans le cadre du suivi environnemental relié à un tel programme, une étude visant à évaluer les concentrations d'insecticides chimique (fénitrothion) et biologique (Bacillus thuringiensis) dans l'air de municipalités localisées à proximité des secteurs traités, a été effectuée. Au total, 141 échantillons d'une durée de 24 heures ont été prélevés entre le 25 mai et le 8 juillet. L'analyse des échantillons à révélé des concentrations de fénitrothion variant de non-détectées à 0,044 $\mu g/m^3$ d'air dans les municipalités de Rivière-Bersimis et Colombier. En ce qui a trait à l'insecticide biologique B.t., des concentrations variant de non-détectées à 6,68 U.F.C.*/m^3 d'air ont été mesurées dans les municipalités de Lac-à-Beauce, Riviére-Bersimis et Baie-Comeau. Comparativement aux résultats obtenus lors des années précédentes, l'utilisation exclusive de monomoteurs en 1986 semble contribuer à une diminution des concentrations d'insecticides dans l'air au voisinage des parcelles d'arrosage. De plus, les concentrations détectées au cours de cette étude seraient peu susceptibles de représenter un risque pour la santé des citoyens des municipalités concernées.

---

*U.F.C.: Unité formant des colonies.

TABLE OF CONTENTS

ACKNOWLEDGEMENTS iii

ABSTRACT v

RESUMÉ vii

LIST OF TABLES xi

LIST OF FIGURES xi

INTRODUCTION 1

1. TERRITORY 3

2. METHODOLOGY 5

2.1 Chemical Insecticide 5

2.1.1 Spraying 5
2.1.2 Insecticide preparation 5
2.1.3 Location of sampling stations 5
2.1.4 Air sampling 6
2.1.5 Analytical method 8

2.2 Biological Insecticide 9

2.2.1 Spraying 9
2.2.2 Insecticide preparation 9
2.2.3 Location of sampling stations 10
2.2.4 Air sampling 10
2.2.5 Analytical method 11

3. RESULTS 15

3.1 Chemical Insecticide 15

3.1.1 Rivière-Bersimis 15
3.1.2 Colombier 15

3.2 Biological Insecticide 15

3.2.1 Lac-à-Beauce 15
3.2.2 Rivière-Bersimis 15
3.2.3 Baie-Comeau 18

4. DISCUSSION 19

4.1 Chemical Insecticide 19
4.2 Biological Insecticide 25

BIBLIOGRAPHY 27

APPENDIX 1: Composition of Nutrient Agar and Tween 80 ... 29

LIST OF TABLES

TABLE 1: Concentrations of chemical insecticide (fenitrothion) detected in air samples taken at Rivière-Bersimis and Colombier in 1986 16

TABLE 2: Concentrations of biological insecticide (B.t.) detected in air samples taken at Lac-à-Beauce, Rivière-Bersimis and Baie-Comeau in 1986 17

LIST OF FIGURES

FIGURE 1: Spruce Budworm: 1986 Program 4

FIGURE 2: Diagram of apparatus used in sampling air for chemical insecticide in 1986 7

FIGURE 3: Diagram of apparatus used in sampling air for biological insecticide (B.t.) in 1986 12

FIGURE 4: Histogram of concentrations of fenitrothion detected in the air at Rivière-Bersimis during spraying against the spruce budworm in 1986 20

FIGURE 5: Histogram of concentrations of fenitrothion detected in the air at Colombier during spraying against the spruce budworm in 1986 21

FIGURE 6: Histogram of concentrations of biological insecticide (B.t.) detected in the air at Lac-à-Beauce during spraying against the spruce budworm in 1986 22

FIGURE 7: Histogram of concentrations of biological insecticide (B.t.) detected in the air at Rivière-Bersimis during spraying against the spruce budworm in 1986 23

FIGURE 8: Histogram of concentrations of biological insecticide (B.t.) detected in the air at Baie-Comeau during spraying against the spruce budworm in 1986 24

INTRODUCTION

In 1986, for the 17th consecutive year, the ministère de l'Énergie et des Ressources (MER) carried out a program to combat the spruce budworm (Choristoneura fumiferana Clem.). The purpose of the operation, consisting of the aerial spraying of chemical and biological insecticides, was to reduce damages caused by this insect by reducing larvae populations to below the level which is considered economically harmful.

Environmental monitoring related to this program involved the Department carrying out a study to evaluate insecticide drifting into certain municipalities located close to the areas treated. This evaluation enabled us to measure the concentrations to which citizens may be exposed.

Similar studies have been conducted in recent years, notably for chemical insecticides (Major et al., 1984a; 1984b; 1986a) and biological insecticides (Major et al., 1985; 1986b). The present document discusses the results obtained from the 1986 program, integrating both the program's chemical and biological phases.

1. TERRITORY

A surface area of 51 198 hectares divided among the Côte-Nord, Mauricie and Saguenay - Lac-St-Jean regions was treated during the 1986 spraying program (Figure 1). Of this area, 33 038 ha (65%) were treated with chemical insecticide while biological insecticide was used on 18 160 ha (35%).

Spraying operations were also carried out in private forests by agencies other than the MER. These operations, which used biological insecticide, covered a total surface area of 18 004 ha. The areas treated by these agencies do not appear in Figure 1 since the blocks involved were so small. However, they were taken into account in the interpretation of the results.

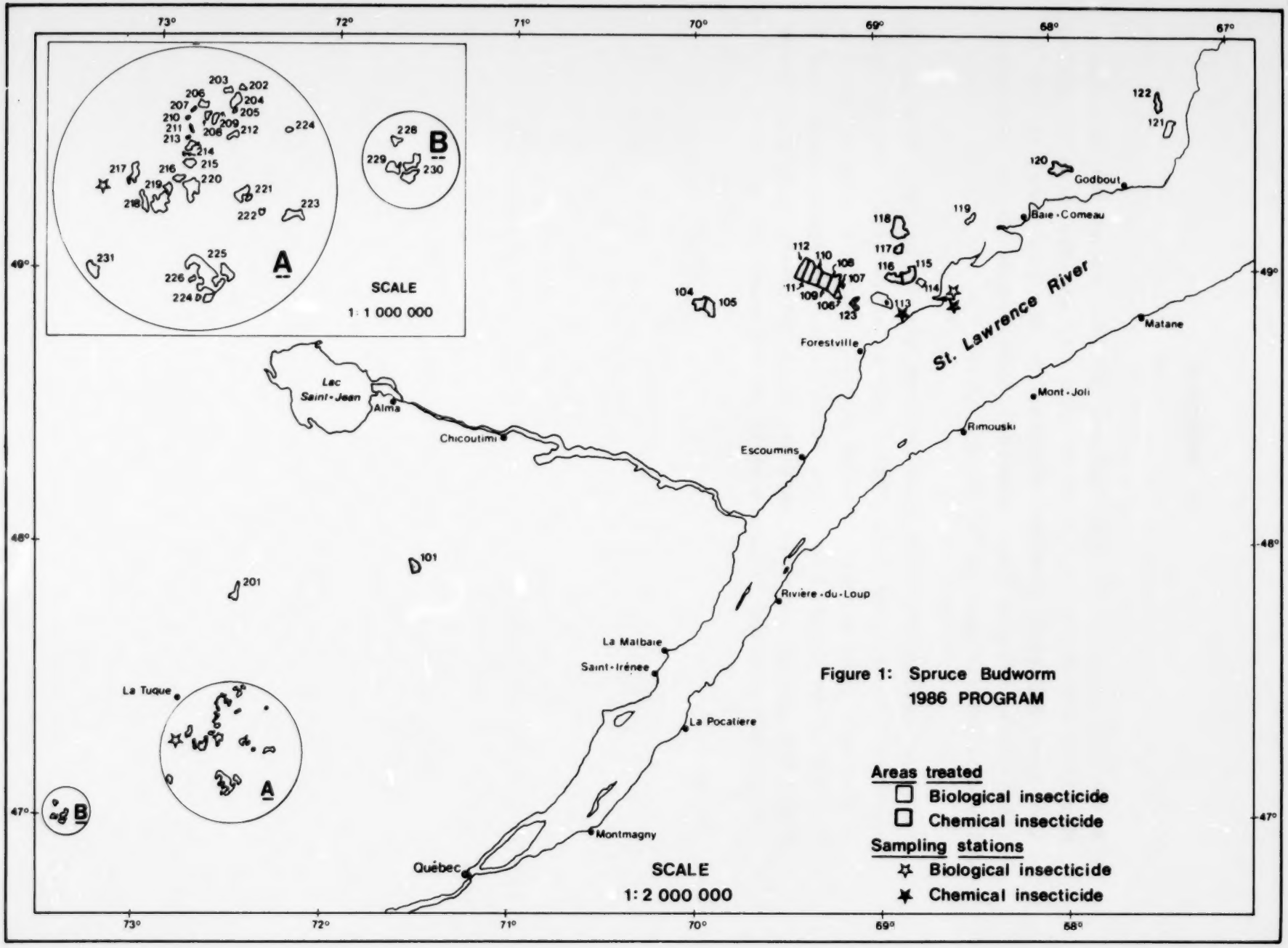

Figure 1: Spruce Budworm
1986 PROGRAM

2. METHODOLOGY

2.1 Chemical Insecticide

2.1.1 Spraying

The program for aerial spraying of chemical insecticide was carried out from June 7 to July 3, 1986. The equipment used during this operation was limited exclusively to single-engine aircraft. The spraying system for Grumman, AgCat and Bull Thrush aircraft consisted of booms fitted with six Mini Micronair™ Au-5000 atomizers. The navigation of these aircraft was carried out by a guide plane.

The MER had intended to apply the insecticide twice at intervals of approximately five days. However, given the strong decline in larvae populations following the first treatment, certain blocks were treated only once.

2.1.2 Insecticide preparation

The chemical insecticide used was fenitrothion (Sumithion™). It was sprayed at a rate of 210 g of active ingredient per hectare to give a final volume of 1.4 l/ha. The proportion of each of the ingredients in the final preparation is indicated below:

Commercial product: 12%
Cyclosol 63: 40%
Diluent (oil 585): 47.5%
Dye: 0.5%

2.1.3 Location of sampling stations

Two municipalities, located on the Côte-Nord, underwent the air sampling program. They were chosen because of their proximity to the chemically treated blocks (Figure 1).

The Rivière-Bersimis station (48°56'N, 68°43'W) was located 5 km west of Betsiamites (Bersimis). The closest block treated was 9 km away. The Colombier station (48°54'N, 68°52'W) was situated 3.6 km from the village and 8.3 km from the nearest block. Note that 12 km separated the two sampling stations.

The sampling stations were set up in the backyards of private homes, on open, relatively flat ground.

2.1.4 Air sampling

The air sampling program began on June 2 in Colombier and June 3 in Rivière-Bersimis and ended on July 8, 1986. Samples were taken using a Sierra-Misco™ Model 88 sampling apparatus at a flow rate of about 30 l/min. The air sampling period was approximately 24 hours and began in mid-day.

An impinger containing 100 ml of ethylene glycol was connected to each of the pumps and permitted the retention of fenitrothion. A piece of glass wool was placed in the tube connecting the impinger to the pump in order to capture the ethylene glycol vapour, thereby avoiding any possible loss of insecticide (Figure 2). Tests carried out in 1984 on this sampling system showed a mean fenitrothion retention effectiveness of 95% (Major et al., 1984a).

After each 24-hour sampling period, the ethylene glycol and the glass wool were transferred to a glass bottle and stored in a freezer for later analysis. All glassware coming into contact with the insecticide was rinsed twice with water and then chloroform; these wash solutions then became part of the sample. Before using the impinger for the next sample, the glassware was again washed twice in water, acetone and chloroform.

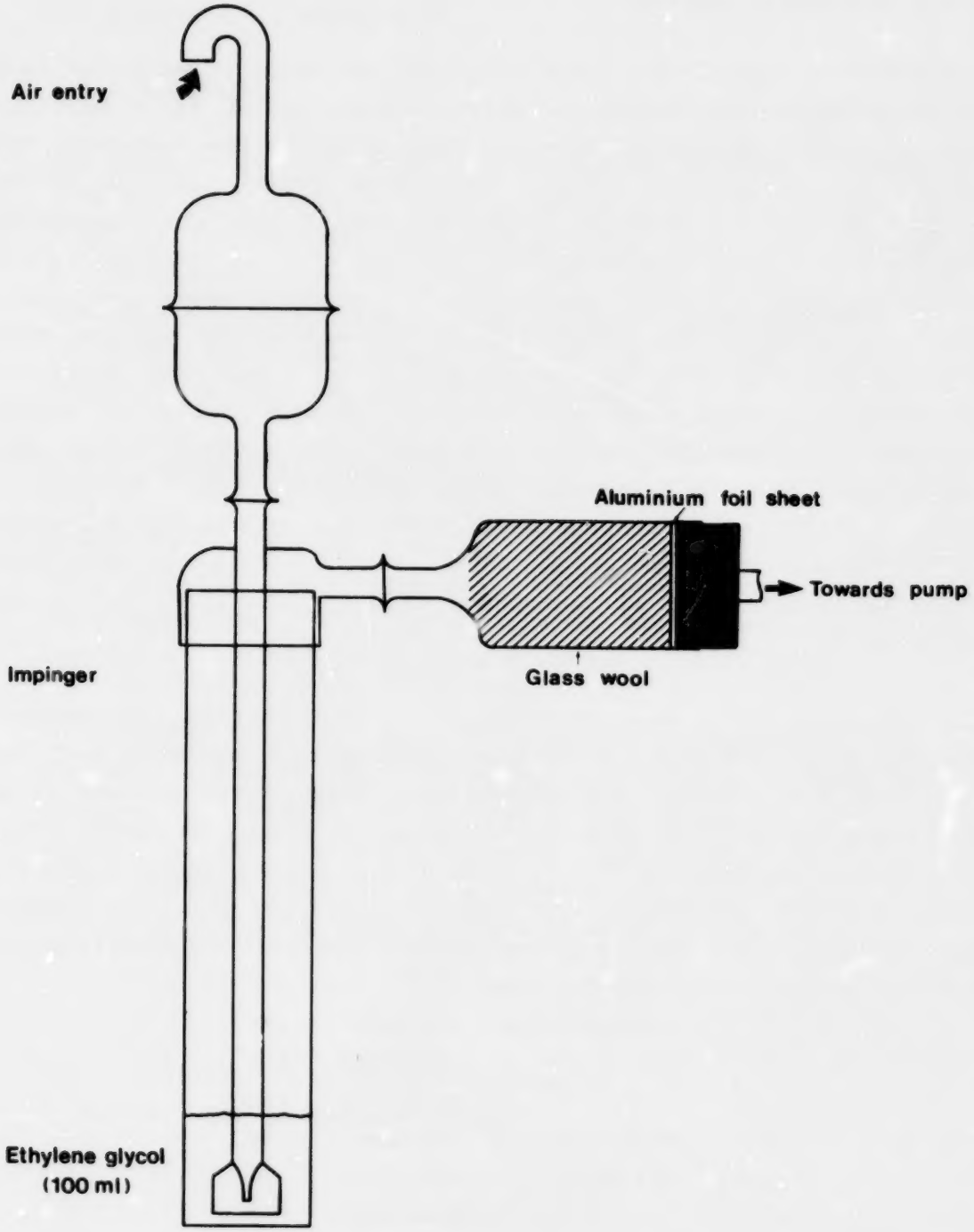

Figure 2: Diagram of apparatus used in sampling air for chemical insecticide in 1986

2.1.5 Analytical method

The ethylene glycol was mixed with 1500 ml of purified water in a 2-litre separatory funnel. Approximately 20 ml of a solution saturated with sodium sulfate was then added to the contents. The sample bottle and the glass wool were rinsed in 150 ml of chloroform and the wash solution was poured into the separatory funnel. The contents were stirred for two minutes and left to sit until the liquid phases separated. The organic phase was poured off into a 500-ml volumetric flask and extraction was repeated with 50 ml of chloroform. The organic extract was then dried out by using a vacuum pump to filter it through 100 g of sodium sulfate in a buchner funnel equipped with fritted glass. The concentrate was then reduced to approximately 1 ml. To this, a dozen millilitres of benzene were added and it was again reduced to a volume of 2 to 3 ml. The final concentrate was then transferred into a 15 ml centrifuge tube and the final volume was adjusted to 5 ml.

The identification and quantification were carried out using a Hewlett Packard™ Model 5703A gas chromotograph equipped with two detectors for nitrogen and phosphorous (NPD). Pyrex columns 60 cm in length and with an interior diameter of 2 mm were used. They were saturated with 4% OV-101 + 6% OV-210 on Gas Chrom Q (80-100 mesh) for identification and with 3% OV-17 on the same support for confirmation. The temperatures of the various compartments and the gas flow were as follows:

Temperature:		furnace	160
°C	:	injector	200
	:	detector	300
Gas flow	:	helium	30
(l/min)	:	air	70
	:	hydrogen	3

The analyses were carried out in the chemical lab of the MER's Service des études environnementales.

2.2 Biological Insecticide

2.2.1 Spraying

The program for spraying the biological product was carried out from May 29 to June 3, 1986 in the Mauricie region and from June 7 to 21 in the Côte-Nord region. The areas were treated using single-engine Grumman, AgCat and Bull Thrush aircraft. The spraying and navigation systems of these apparatus were identical to those described above. The blocks treated with biological insecticide received only one application.

2.2.2 Insecticide preparation

Thuricide™ 48 LV, whose active ingredient is *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, was used operationally by the Department in 1986. The undiluted biological insecticide was applied at 30 BIU[1]/ha to give a volume of 2.37 l/ha.

In private forests, spraying programs were carried out by two separate agencies. The Office des producteurs de bois du Québec* sprayed Thuricide™ 48 LV over 3 375 ha of forest situated in western Québec. In eastern Québec, the Canadian Forestry Service (CFS) sprayed Futura™ at a rate of 20 BIU/ha to give a final volume of 2.5 l/ha over surface area of 14 629 ha.

---

[1]BIU: Billions of international units

*: Québec wood producers bureau

2.2.3 Location of sampling stations

The municipalities of Lac-à-Beauce (Mauricie), Rivière-Bersimis and Baie-Comeau (Côte-Nord) were selected for this study. The sampling stations were located at 2 km, 5.3 km and 12.9 km respectively from the closest areas treated with the biological product. They were set up in the backyards of private homes on open, relatively flat ground.

The Lac-à-Beauce sampling station (47°20'N, 72°49'W) was situated 14.0 km south of La Tuque. The Rivière-Bersimis station (48°56'N, 68°43'W) was located 5 km west of Betsiamites (Bersimis), and the Baie-Comeau station (49°09'N, 68°19'W) was 0.6 km north of the Haute-Rive church (Baie-Comeau).

2.2.4 Air sampling

In Lac-à-Beauce, the air sampling program began on May 25 and ended on June 14, 1986. In Rivière-Bersimis and Baie-Comeau, sampling began on June 3 and ran until June 28, 1986. Each sampling period, which lasted approximately 24 hours, was carried out using Sierra-Misco™ Model 88 sampling pumps operating at a flow rate of about 25 l/min.

The filtering unit was composed of a filtering membrane, filter paper and two perforated metal plates. *B.t.* spores were retained by a Millipore™ filtering membrane of cellulose ester, with a porosity of 0.45 μm and a diameter of 4.7 cm. The membrane was placed on Whatman™ filter paper and both were inserted between two perforated stainless steel plates (Figure 3). The filtering unit was sterilized with ethylene oxide under hospital conditions and remained sealed until use.

During sampling, the filtering unit was placed between two pre-sterilized glass bell-jars and the system was sealed using rubber

washers. This apparatus was then connected to a pump. Major et al. (1985) mention that this device is very effective in retaining B.t. spores. After samples had been taken, the filtering unit was placed in a sterile petri dish and stored in a freezer until laboratory analysis.

2.2.5 Analytical method

The filtering unit was dismantled and the filter placed in 200 ml of sterile Tween 80[1]. The solution was shaken for 30 minutes on a mechanical shaker. A few drops of sterile anti-foaming solution were then added. Subsequently, the filter was rinsed with 50 ml of sterile water and placed on nutrient agar[1]; the spores adhering to it were later counted.

The total volume of 250 ml was shaken for 30 seconds for better homogenization. Two 50 ml volumes and one 100 ml volume were taken and analyzed by vacuum filtration using funnels fitted with Millipore™ filters with a porosity of 0.45μm. These filters were then placed on nutrient agar for a 24-hour incubation period at 29°C.

The spores were counted by selecting petri dishes containing between 20 and 80 colonies. Only colonies resembling B.t., that is, beige in colour, and flat with a rugged surface, were taken into account. The percentage of B.t. was determined on a petri dish which had been re-incubated for a total of 50 hours. This incubation period permitted spore development and the release of crystals (protein bodies) characteristic of B.t.. From this petri dish, slide smears were prepared using 20 colonies. A stain developed by Smirnoff (1962) was applied to highlight the B.t. crystals. The remaining 50 ml volume was stored at 4°C. When more than 80 B.t. colonies were counted on the filtering membrane, smaller volumes were filtered. The quantity retained

1 The composition of Tween 80 and nutrient agar is given in detail in Appendix I.

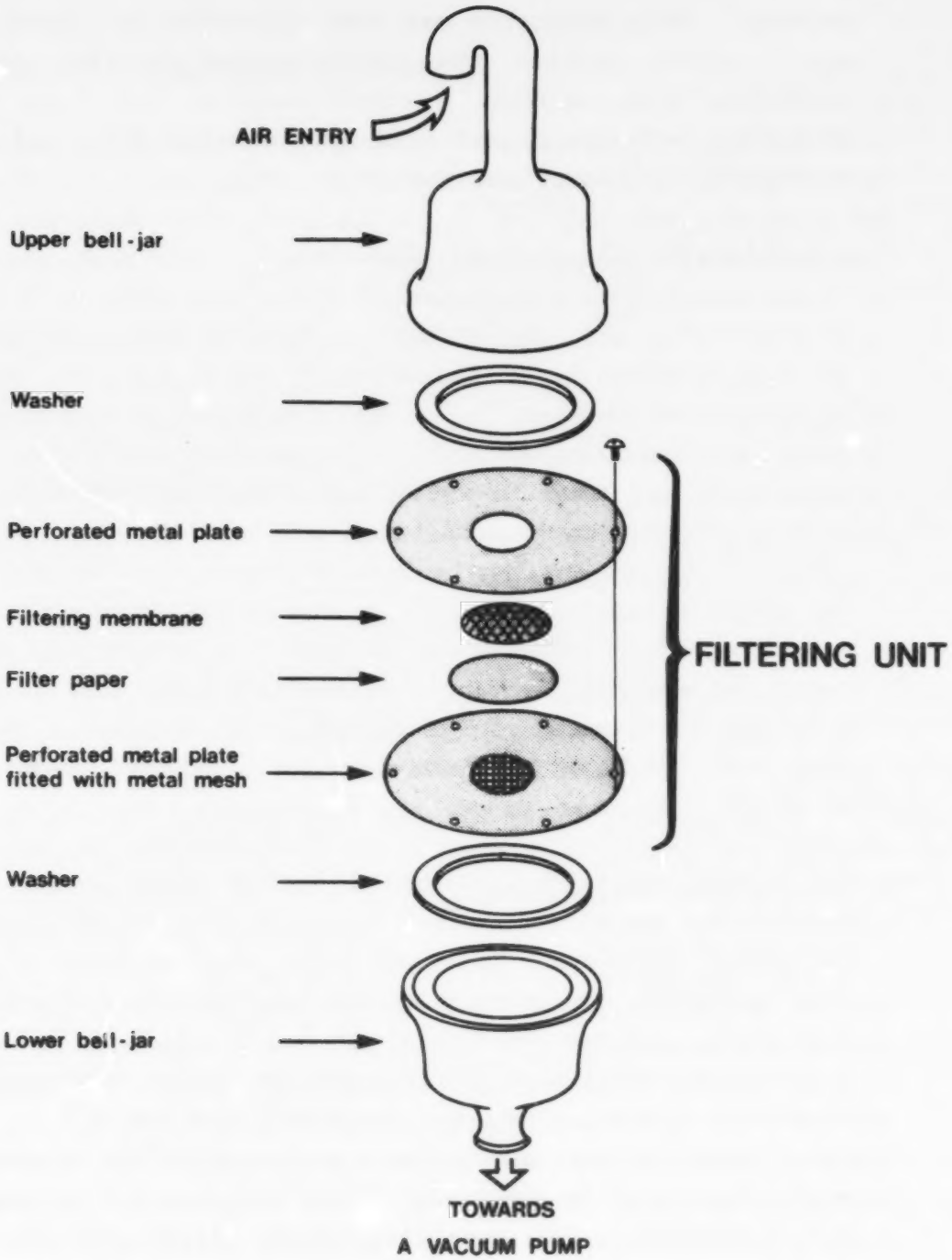

Figure 3: Diagram of apparatus used in sampling air for biological insecticide in 1986

by the sampling filter was added to the total number of C.F.U.[1] extrapolated for 250 ml.

All materials were handled under a laminar flux biological hood so as to reduce the risk of contamination. Reference samples from before and after filtering were analyzed to ensure that the equipment was sterile. The detailed analysis methodology is described in Cardinal (1986). The analyses were carried out in the microbiology laboratory of the MER's Service des études environnementales.

---

1 C.F.U.: Colony-forming units; these may originate from one or more spores (Collins and Lyne, 1984).

3. RESULTS

A total of 141 air samples were taken. The results obtained during this monitoring program are given in Tables 1 and 2. The mean concentrations, observed on a daily basis, are expressed in $\mu g/m^3$ for the fenitrothion and in C.F.U./m^3 for the B.t..

3.1 Chemical Insecticide (Table 1)

3.1.1 Rivière-Bersimis

Between June 3 and July 8, 1986, fenitrothion was detected in only 5 of the 35 air samples taken here. Concentrations varied from 0.001 to 0.044 $\mu g/m^3$.

3.1.2 Colombier

Over the 36 sampling days at Colombier, only 3 fenitrothion concentrations were detected. These very low concentrations were 0.001, 0.002 and 0.006 $\mu g/m^3$ respectively.

3.2 Biological Insecticide (Table 2)

3.2.1 Lac-à-Beauce

B.t. was detected in 8 of the 20 samples taken between May 25 and June 14, 1986 in the La Tuque area. Concentrations varied from 0.15 to 6.68 C.F.U./m^3.

3.2.2 Rivière-Bersimis

Twenty-five (25) air samples were taken between June 3 and 28, 1986. Analysis of the samples revealed that concentrations ranged from "undetected" (<3 C.F.U. in the sample) to 3.81 C.F.U./m^3. One sample was invalidated due to filter breakage.

TABLE 1: Concentrations of chemical insecticide (fenitrothion) detected in air samples taken at Rivière-Bersimis and Colombier in 1986

Date[2]	Concentrations (µg/m^3)[1]	
	Rivière-Bersimis	Colombier
86-06-02	-	N.D.[3]
86-06-03	N.D.	N.D.
86-06-04	N.D.	N.D.
86-06-05	N.D.	N.D.
86-06-06	0,025	0,002
86-06-07	0,004	N.D.
86-06-08	N.D.	N.D.
86-06-09	N.D.	N.D.
86-06-10	N.D.	N.D.
86-06-11	N.D.	0,001
86-06-12	N.D.	N.D.
86-06-13	N.D.	N.D.
86-06-14	N.D.	N.D.
86-06-15	0,044	0,006
86-06-16	0,002	N.D.
86-06-17	N.D.	N.D.
86-06-18	N.D.	N.D.
86-06-19	N.D.	N.D.
86-06-20	0,001	N.D.
86-06-21	N.D.	N.D.
86-06-22	N.D.	N.D.
86-06-23	N.D.	N.D.
86-06-24	N.D.	N.D.
86-06-25	N.D.	N.D.
86-06-26	N.D.	N.D.
86-06-27	N.D.	N.D.
86-06-28	N.D.	N.D.
86-06-29	N.D.	N.D.
86-06-30	N.D.	N.D.
86-07-01	N.D.	N.D.
86-07-02	N.D.	N.D.
86-07-03	N.D.	N.D.
86-07-04	N.D.	N.D.
86-07-05	N.D.	N.D.
86-07-06	N.D.	N.D.
86-07-07	N.D.	N.D.

[1] Mean concentrations over 24 hours
[2] Date sampling period began
[3] Not detected (< 0,001 µg/m^3)

TABLE 2: Concentrations of biological insecticide (B.t.) detected in air samples taken at Lac-à-Beauce, Rivière-Bersimis and Baie-Comeau in 1986

Date[2]	Concentrations (C.F.U./m^3)[1]		
	Lac-à-Beauce	Rivière-Bersimis	Baie-Comeau
86-05-25	N.D.[3]	-	-
86-05-26	0,15	-	-
86-05-27	N.D.	-	-
86-05-28	1,00	-	-
86-05-29	N.D.	-	-
86-05-30	N.D.	-	-
86-05-31	6,68	-	-
86-06-01	3,68	-	-
86-06-02	0,87	-	-
86-06-03	1,20	N.D.	0,15
86-06-04	N.D.	N.D.	0,10
86-06-05	N.D.	N.D.	N.D.
86-06-06	4,93	3,81	N.D.
86-06-07	N.D.	0,91	N.D.
86-06-08	N.D.	0,67	0,46
86-06-09	N.D.	0,18	*
86-06-10	N.D.	0,17	N.D.
86-06-11	N.D.	0,33	N.D.
86-06-12	0,28	N.D.	N.D.
86-06-13	N.D.	N.D.	N.D.
86-06-14	-	N.D.	N.D.
86-06-15	-	0,33	N.D.
86-06-16	-	0,32	N.D.
86-06-17	-	0,25	N.D.
86-06-18	-	0,16	N.D.
86-06-19	-	*	N.D.
86-06-20	-	0,30	N.D.
86-06-21	-	N.D.	N.D.
86-06-22	-	N.D.	N.D.
86-06-23	-	N.D.	N.D.
86-06-24	-	N.D.	*
86-06-25	-	N.D.	N.D.
86-06-26	-	N.D.	N.D.
86-06-27	-	N.D.	0,24

[1] Mean concentrations over 24 hours
[2] Date sampling period began
[3] Not detected (< 3 C.F.U. in sample)
* Sample invalidated

3.2.3 Baie-Comeau

B.t. was detected in only 4 of the 23 samples originating in Baie-Comeau. Two samples had to be invalidated due to filter breakage. The maximum concentration observed at this station was 0.46 C.F.U./m^3.

4. DISCUSSION

Figures 4 to 8 permit visualizing the distribution of concentrations detected over time as well as the possible relation between these concentrations and the insecticide spraying operations carried out in the area in close proximity to the municipalities being studied.

4.1 Chemical Insecticide

In consulting figures 4 and 5, we can see that the concentrations of fenitrothion detected in the air of the municipalities of Rivière-Bersimis and Colombier were observed sporadically throughout the entire duration of the sampling program. These concentrations usually occurred when the chemical insecticide was sprayed close to the station during the sampling period. For 7 of the 8 24-hour samples with concentrations exceeding the detection limit ($0.001 \mu g/m^3$), spraying had occurred less than 20 km from the municipalities. In Colombier, a concentration of $0.001 \mu g/m^3$ was detected during the sampling period of June 11, 1986; 5 blocks had been chemically treated between 20 to 50 km from the station.

The highest concentration of fenitrothion was recorded for the June 15, 1986 sampling period due to spraying operations carried out less than 20 km from Rivière-Bersimis. It should be noted that the $0.002 \mu g/m^3$ detected during the following period constitutes a residual concentration since no chemical insecticide had been sprayed that day.

Major et al. (1986a) pointed out that concentrations varying from 0.001 to $0.007 \mu g/m^3$ had been detected more than 50 km, and even more than 100 km, from the areas treated in 1985. The exclusive use of single-engine aircraft in 1986 could explain why no

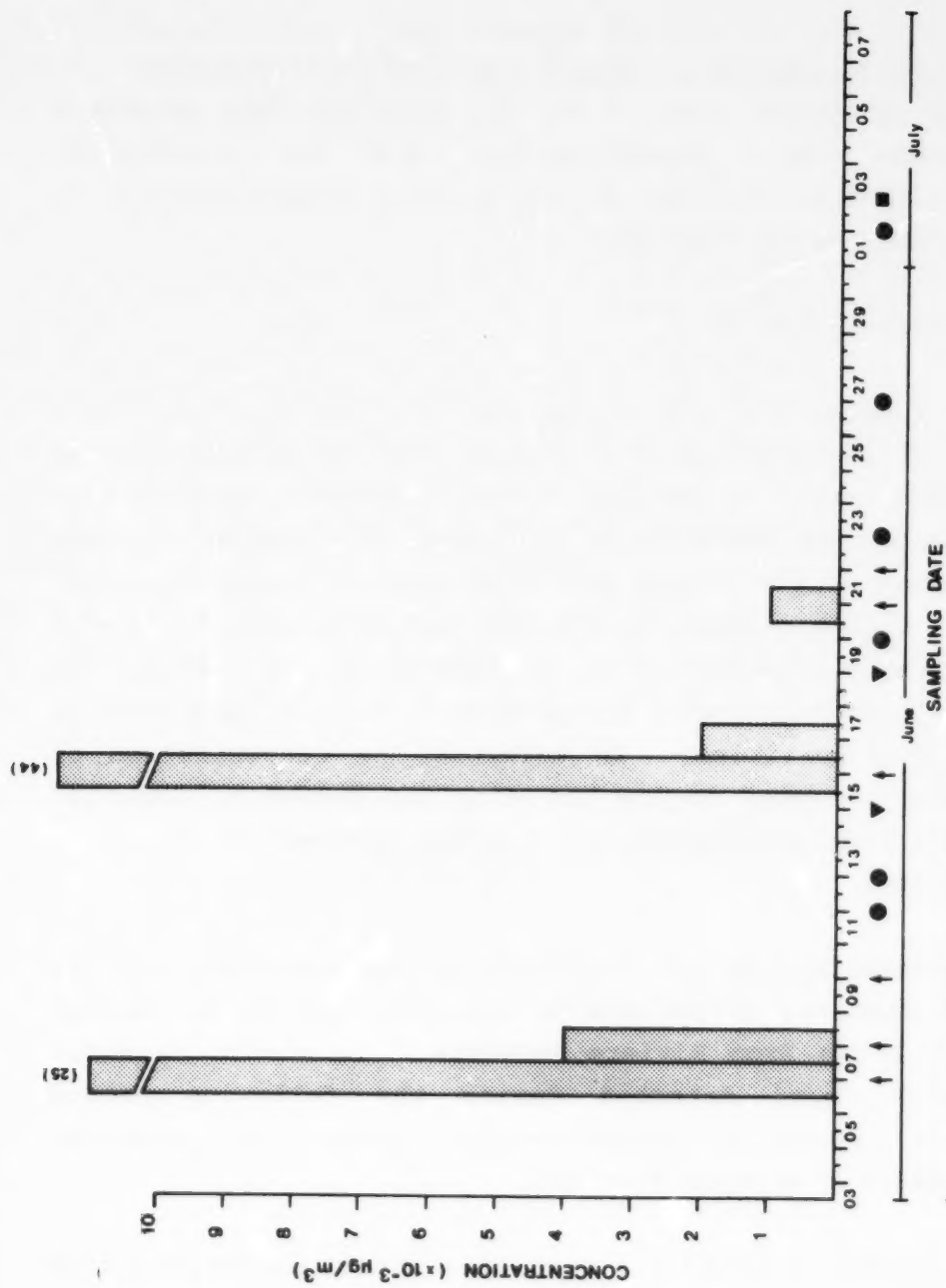

Figure 4: Histogram of concentrations of fenitrothion detected in the air at Rivière-Bersimis during spraying against the spruce budworm in 1986

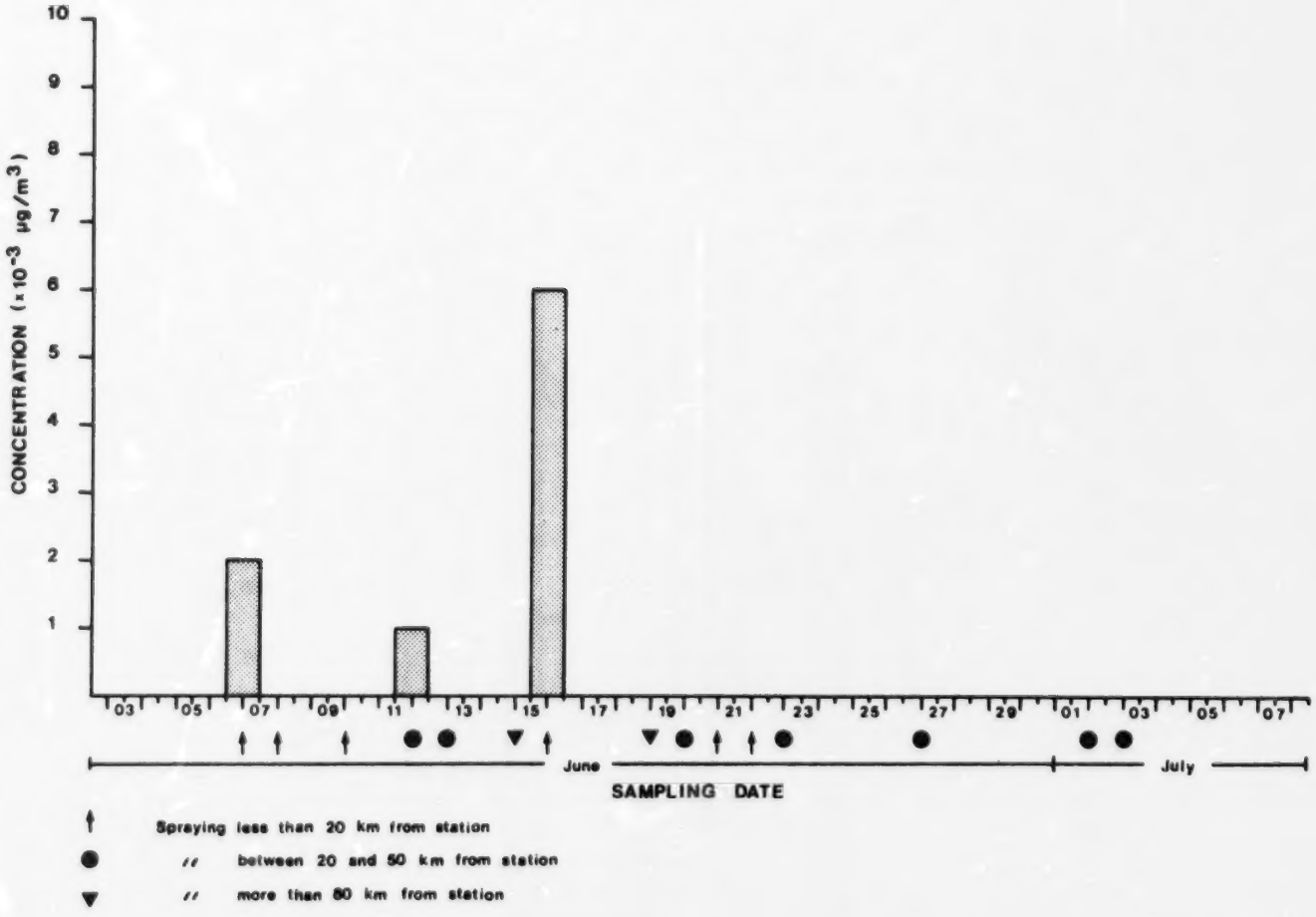

Figure 5: Histogram of concentrations of fenitrothion detected in the air of Colombier during spraying against the spruce budworm in 1986

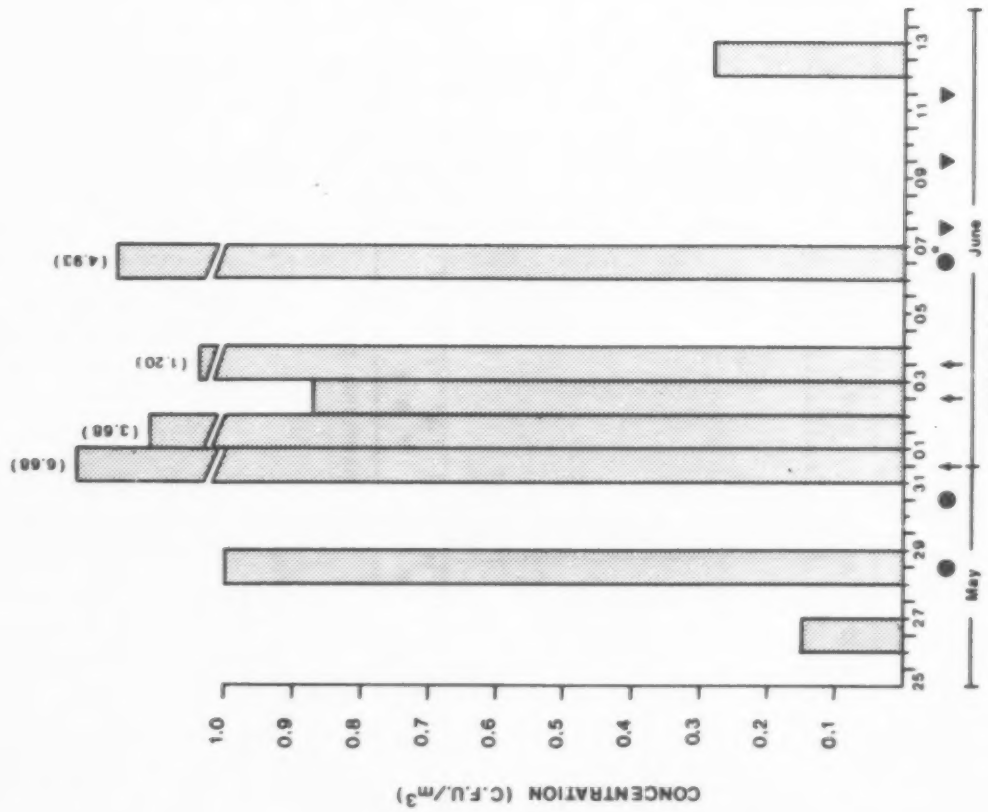

Figure 6: Histogram of concentrations of biological insecticide (B.t.) detected in the air at Lac-à-Beauce during spraying against the spruce budworm in 1986

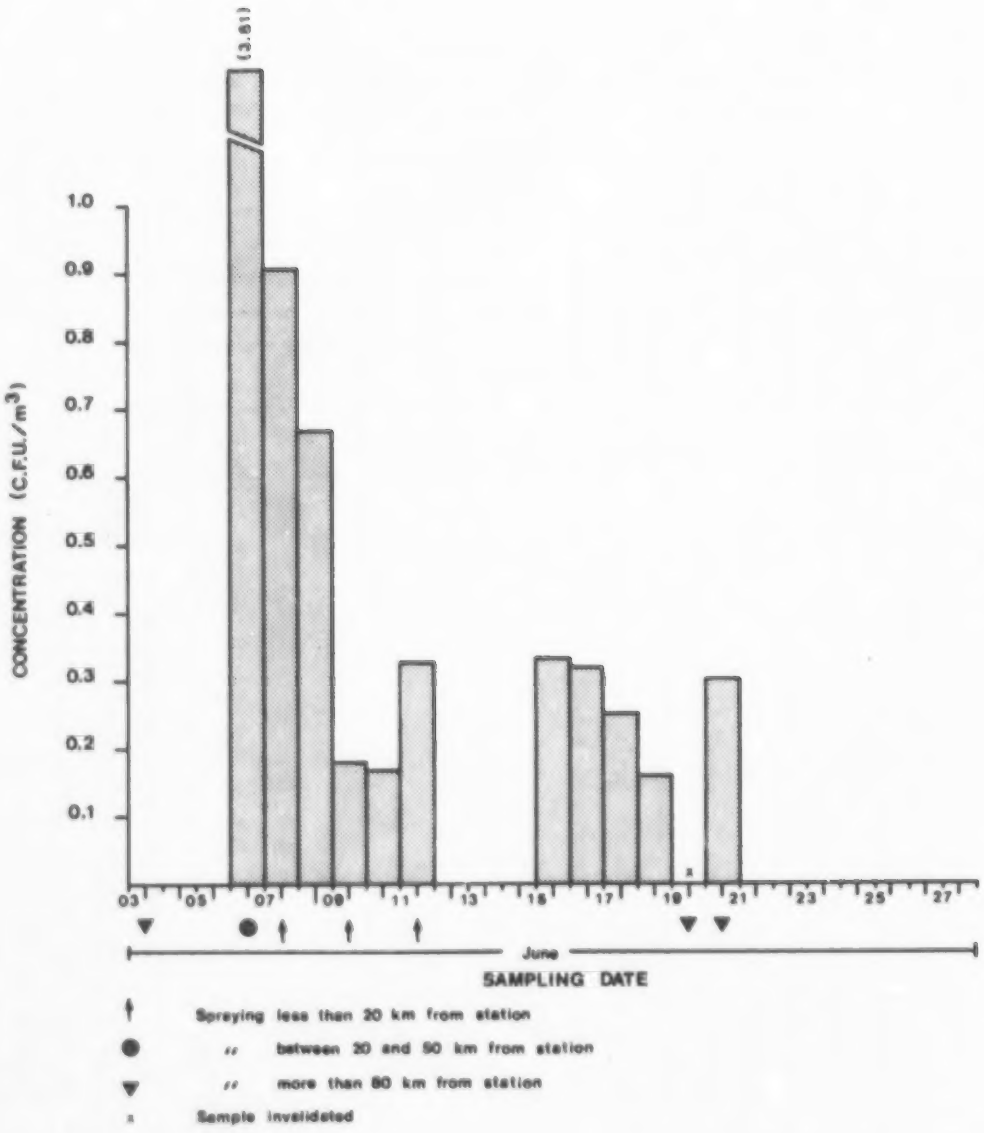

Figure 7: Histogram of concentrations of biological insecticide (B.t.) detected in the air at Rivière-Bersimis during spraying against the spruce budworm in 1986

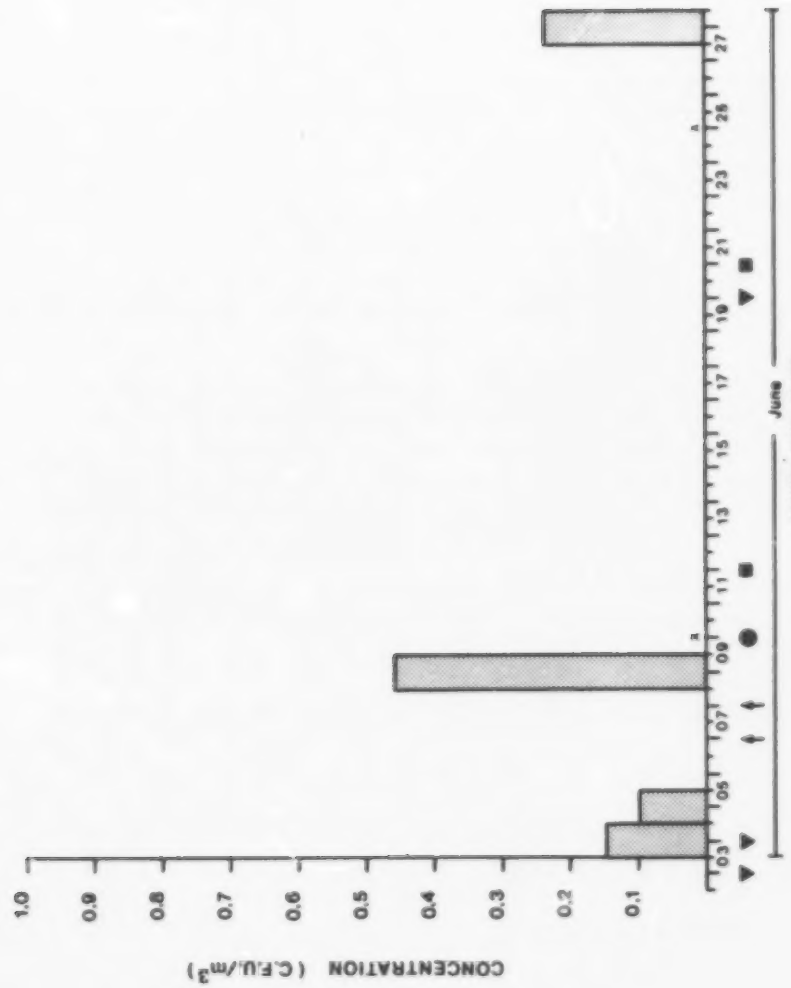

Figure 8: Histogram of concentrations of biological insecticide (B.t.) detected in the air at Baie-Comeau during spraying against the spruce budworm in 1986

concentration was detected more than 50 km away. This phenomenon could have been due to the fact that single-engine aircraft operate at lower altitudes than four-engine aircraft, thereby enabling drifting to be limited to a shorter distances from the treated areas.

4.2 Biological Insecticide

A relatively strong correlation exists between the concentrations detected in the municipalities of Lac-à-Beauce, Rivière-Bersimis and Baie-Comeau (figures 6, 7 and 8) and the distance from B.t.-treated areas. However, concentrations exceeding 1 C.F.U./m^3 were observed as a result of spraying operations carried out less than 50 km from the sampling stations. We should point out that a correlation had been established between one of the concentrations measured and spraying operations carried out by agencies other than the MER. This concentration corresponded to 440 litres of B.t. sprayed 27 km north of the Lac-à-Beauce station on June 6, 1986. A concentration of 4.93 C.F.U./m^3 was measured during this sampling period.

It is interesting to observe that less than 9% of the samples analyzed revealed concentrations exceeding 1 C.F.U./m^3. Moreover, maximum concentrations detected in the three municipalities varied from 0.46 to 6.68 C.F.U./m^3 of air. For comparison's sake, the results obtained in certain municipalities of the Gaspé--Lower St. Lawrence region in 1984 and 1985 were examined. In 1984, 37% of the results exceeded 1 C.F.U./m^3 and maximum values recorded were between 13.5 and 94.0 C.F.U./m^3 (Major et al., 1985). In 1985, 13% of samples contained concentrations exceeding 1 C.F.U./m^3 whereas maximum amounts measured in the various sampling stations varied from 7.67 to 938.24 C.F.U./m^3 (Major et al., 1986b). In 1984 and 1985, spraying operations were carried out using four-engine aircraft. The exclusive use of single-engine aircraft in 1986 therefore seems to have contributed to reducing concentrations in the

vicinity of the blocks sprayed.

The level of air contamination in the municipalities located near the areas treated can be described as low. Furthermore, the concentrations detected during this study represent only a very minimal health hazard for the populations concerned (Major et al., 1984b; 1985).

BIBLIOGRAPHY

CARDINAL, P., 1986. Cahier des méthodologies analytiques pour le Bacillus thuringiensis. Division de la microbiologie, Service des études environnementales, ministère de l'Energie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 29 pp. (available in French only).

COLLINS, C.H. and M.P. LYNE, 1984. Microbiological Methods. Fifth Edition, Butterworths. Chap.9.

MAJOR, L., G. MAMARBACHI, G. ROUSSEAU, N. ST-LOUIS and T. ADLEY, 1984a. Surveillance des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, au Québec, en 1983: Échantillonnage de l'air. ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec et Éco-Recherches Inc. 30 pp. (available in French only).

MAJOR, L., G. ROUSSEAU and G. MAMARBACHI, 1984b. Surveillance des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, au Québec, en 1984: Résidus d'insecticides chimiques dans l'air de certaines agglomérations urbaines de la région 01. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 14 pp. (available in French only).

MAJOR, L., G. ROUSSEAU and B. LAMONTAGNE, 1985. Monitoring the Aerial Spraying of Insecticides Against the Spruce Budworm in Québec, in 1984: Concentrations of Biological Insecticides in the Gaspé-Lower St. Lawrence Region (Region 01). Ministère de l'Énergie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 27 pp.

MAJOR, L., G. ROUSSEAU and G. MAMARBACHI, 1986a. Environmental Monitoring of Insecticide Spraying Against the Spruce Budworm in Québec, 1985: Fenitrothion Residue in the Air of Three Municipalities in the Gaspé-Lower St. Lawrence Region. Service des études environnementales, ministère de l'Énergie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 17 pp.

MAJOR, L., G. ROUSSEAU and P. CARDINAL, 1986b. Environmental Monitoring of the Aerial Spraying of Insecticides Against the Spruce Budworm in Québec, 1985: Concentrations of Biological Insecticides in the Air of Seven Municipalities in the Vicinity of Treated Areas. Service des études environnementales, ministère de l'Énergie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 29 pp.

SMIRNOFF, W.A., 1962. "A staining method for differentiating spores, crystals and cells of Bacillus thuringiensis (Berliner)." J. Ins. Path. 4: 384-386.

APPENDIX 1

Composition of Nutrient Agar and Tween 80

Nutrient Agar

	Per litre of distilled water
- Beef extract	3.0 g
- Peptone	5.0 g
- Agar	15.0 g

Tween 80

Polyoxyethylene sorbitan mono-oleate 0.1% at pH 7.2.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des Ressources
Service des études environnementales